

ETRS89/UTM – Baden Württemberg stellt um

von Reinhold Hummel, Christian Prägitzer, Andreas Schleyer,
Joachim Stiebler, Christian Wünsch, Manfred Zöllner

ZUSAMMEN- FASSUNG

Nach der erfolgreich abgeschlossenen Überführung aller Geobasisdaten der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters in das AAA-Datenmodell (AFIS®, ALKIS®, ATKIS®) wird nun auch in Baden-Württemberg der Übergang auf das neue Koordinatenreferenzsystem ETRS89/UTM (European Terrestrial Reference System 1989 / Universale Transversale Mercatorprojektion) in Angriff genommen.

Das ehrgeizige Projekt fordert die Vermessungsverwaltung in besonderem Maße. Die Datenüberführung wird vom Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL) und den Städten mit eigener ALKIS®-Datenhaltung im Laufe des Jahres 2017 durchgeführt. Ab einem vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) noch festzulegenden Termin - voraussichtlich um den Jahreswechsel 2017/2018 - werden alle Geobasisdaten ausschließlich im neuen System bereitgestellt. Als Folge davon haben auch alle geofachdatenhaltenden Stellen ihre Datenbestände anzupassen.

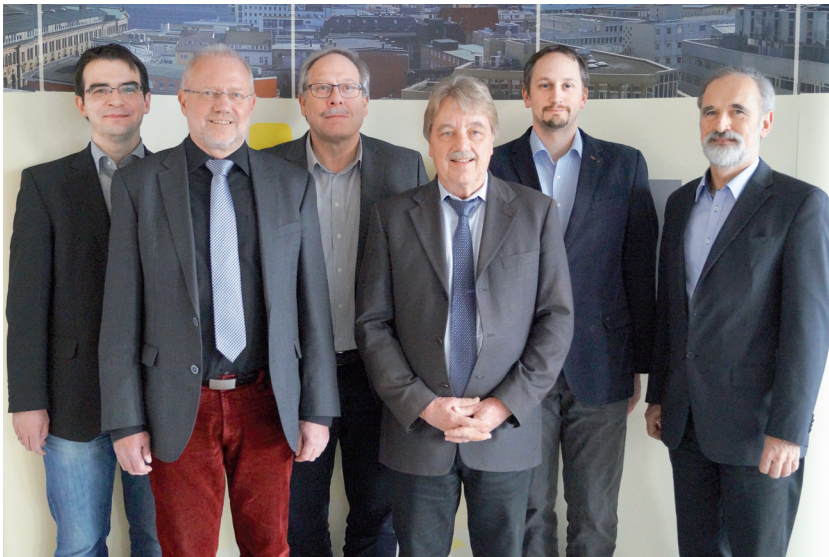


Abb. 1: Die Autoren des Artikels v.l.n.r.: Christian Wünsch, Manfred Zöllner, Joachim Stiebler, Andreas Schleyer, Christian Prägitzer, Reinhold Hummel.

Mit dem Erlass der Festpunktvorschrift und der damit verbundenen Einführung des Koordinatenreferenzsystems ETRS89/UTM im September 2008 wurde vom MLR ein Vorbereitungsausschuss mit Vertretern des MLR, LGL, Landkreistags und Städtetags eingerichtet, der sich mit der Überführung des Liegenschaftskatasters nach ETRS89/UTM befassen und die Vorbereitung gezielter Aktionen zur Er-

1 DER PROJEKT- AUFTRAG

höhung der Anzahl der Passpunkte sowie Anforderungen an Passpunktbestimmung, Diagnoseausgleichungen und landesweite Transformation ausarbeiten sollte.

Der „Vorbereitungsausschuss ETRS89/UTM“ legte im September 2015 die abschließende Fassung eines Grobkonzepts zur Überführung des Liegenschaftskatasters vor.

Mit der eigentlichen Vorbereitung und Überführung der Geobasisdaten der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters auf Basis dieses Grobkonzepts wurde im Oktober 2015 eine Projektgruppe beim LGL beauftragt, die sich aus Mitarbeitern des LGL und der unteren Vermessungsbehörden (Landkreise und Städte) zusammensetzt.

Der Projektauftrag des MLR gliedert sich in folgende Handlungsfelder:



Abb. 2: Handlungsfelder des Projektauftrags vom Oktober 2015

2 GRÜNDE FÜR DEN BEZUGSSYSTEMWECHSEL

2.1 Normative Vorgaben

Bereits 1991 fasste die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) den Beschluss, ETRS89 als einheitliches Referenzsystem für Deutschland einzuführen. 1995 wurde dieser Beschluss dahingehend ergänzt, dass UTM zur Projektion in die Ebene festgelegt wurde.

Am 15. Mai 2007 trat die Richtlinie 2007/2/EG (INSPIRE-Richtlinie) in Kraft, die für die Bereitstellung von Geodaten im Rahmen der europäischen Geodateninfrastruktur ebenfalls ETRS89/UTM als einheitliches Koordinatenreferenzsystem in der EU vorschreibt. Für Geodaten des Annex 1 (u.a. Flurstücke) wird die Bereitstellung in diesem System spätestens ab 23. November 2017 gefordert.

Die Umsetzung der EU-Richtlinie in Landesrecht erfolgte für Baden-Württemberg durch das Landesgeodatenzugangsgesetz (LGeoZG) vom 17. Dezember 2009. Dieses Gesetz verpflichtet Landesbehörden, Stadt- und Landkreise, Städte und Gemeinden sowie die unter Aufsicht des Landes oder der Kommunen stehenden juristischen Personen des öffentlichen Rechts zur schrittweisen Bereitstellung von Geodaten über Geodatendienste nach den verbindlichen Vorgaben von INSPIRE.

Die meisten Bundesländer haben den Koordinatenbezug ihrer Geobasisdaten gleichzeitig mit der Migration in das AAA-Datenmodell auf ETRS89/UTM umgestellt. Lediglich in Baden-Württemberg und Bayern steht die Überführung der Geobasisdaten nach ETRS89/UTM noch aus. Im Saarland soll die Datenhaltung im Kern weiterhin im System DHDN/GK (Deutsches Hauptdreiecksnetz / Gauß-Krüger-Abbildung) erfolgen, lediglich zur Datenbereitstellung wird transformiert.

2.2 Umsetzungsstand in den Bundesländern

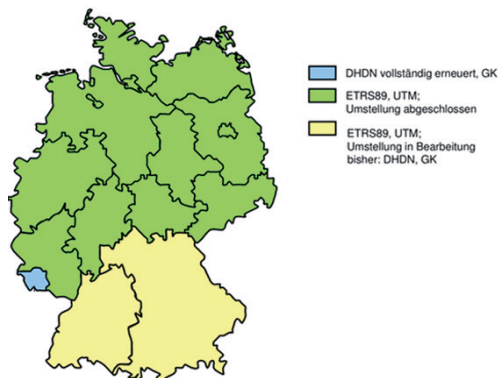


Abb. 3: Umsetzungsstand ETRS89/UTM in den Bundesländern

Das Grobkonzept zur Überführung des Liegenschaftskatasters vom September 2015 gibt unter anderem folgende Überführungsziele vor:

2.3 Zielsetzung in Baden-Württemberg

- Die Überführung erfolgt durch Transformation über das Lagefestpunktfeld (TP und AP als Passpunkte).
- Bei der Überführung sollen die groß- und kleinräumigen Netzdeformationen des DHDN bereinigt werden; dazu sind die erforderliche Zahl von Passpunkten in sachgerechter Verteilung mittels GNSS mit *SAPOS*[®]-Korrektur aufzumessen.
- Die Überführung aller Geobasisdaten nach ETRS89/UTM soll landesweit möglichst gleichzeitig erfolgen.
- Das Überführungsmodell soll nachvollziehbar sein inklusive Kennzeichnung der verwendeten Passpunkte.
- Geometrische Bedingungen (Geraden, Kreisbögen) sollen eingehalten werden; an den Gebietsgrenzen ist auf Stetigkeit zu achten.

- Für Geobasisdaten und Geofachdaten soll dasselbe Überführungsverfahren Verwendung finden, um weiterhin Kantenidentität zu gewährleisten.
- Das Überführungsverfahren soll verständlich und nachvollziehbar sein und in einen Transformationsdienst eingebunden werden können. Eine Doppelführung des Liegenschaftskatasters in GK und UTM wird es nicht geben; GK- u. Soldner-Koordinaten der Fest- und Grenzpunkte werden bis auf weiteres zusätzlich geführt (ggf. mit Lagestatus).
- In ETRS89/UTM wird es für nummerierte Punkte ausschließlich die Lagestatus „endgültig“ oder „grafisch“ geben.

2.4 Vorteile des neuen Bezugssystems

Mit Überführung der Geobasisdaten nach ETRS89/UTM werden diese und alle darauf aufbauenden Geofachdaten in einem europaweit einheitlichen Koordinatenreferenzsystem geführt und bereitgestellt, so dass überregionale Recherchen in einem Kartenfenster dargestellt werden können. Eine Koordinatenbestimmung über GNSS-Sensoren mit dem Korrekturdienst *SAPoS*[®] erfolgt direkt im amtlichen Koordinatenreferenzsystem. Durch die Beseitigung der DHDN-Netzdeformationen beim Überführungsprozess wird eine direkte Positionierung möglich; eine Transformation in lokale Nachbarschaften ist i.d.R. nicht mehr nötig. Bei Einsatz des Korrekturdienstes *SAPoS*[®] erübrigt sich damit die vorherige Erhebung und Überprüfung von Lagefestpunkten und langfristig sogar die Erhaltung und Pflege von landesweit derzeit fast 1 Mio. Lagefestpunkten.

3 GRUNDLAGEN ZU ETRS89/UTM

3.1 Das European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)

Das ETRS89 ist abgeleitet aus dem globalen Bezugssystem ITRS (International Terrestrial Reference System). Der dazugehörige Referenzrahmen ITRF (International Terrestrial Reference Frame) hat den Ursprung im Massenmittelpunkt der Erde; die Z-Achse stellt die mittlere Rotationsachse der Erde dar; die X-Achse wird durch den Schnitt von Äquator- und 0°-Meridianebene definiert; die Y-Achse verläuft senkrecht zu X- und Z-Achse.

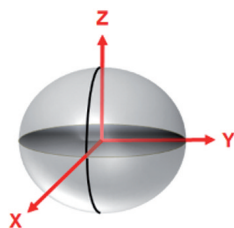


Abb. 4: Dreidimensionales kartesisches Koordinatensystem

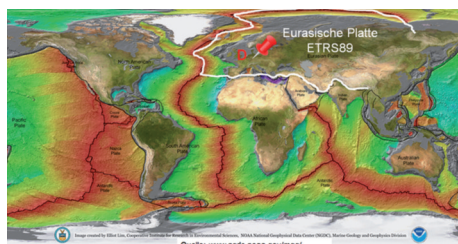


Abb. 5: Kontinentalplatten geozentrisches Koordinatensystem

Ausgangselemente für das europäische Datum ETRS89 sind die für den Beginn des Jahres 1989 (1989.0) abgeleiteten ITRF-Koordinaten der europäischen ITRF-Stationen. Da die europäischen ITRF-Stationen mit der Eurasischen Platte driften, ist es sinnvoll, deren ITRF-Koordinaten „einzufrieren“ (ETRF89) und als ETRS89 zu definieren.

Für die Berechnung geographischer Koordinaten und ellipsoidischer Höhen im ETRS89 wird das Ellipsoid des Geodätischen Referenzsystems 1980 (GRS80) verwendet.

Das UTM-System dient wie das GK-System der Abbildung der dreidimensionalen geozentrischen Koordinaten in die Ebene.

3.2 Universale Transversale Mercatorprojektion (UTM-Abbildung)

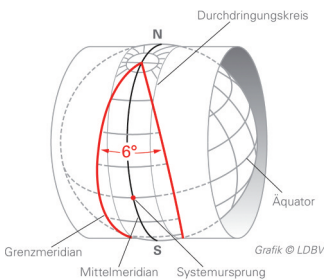


Abb. 6: *Universale Transversale Mercatorprojektion (UTM-Abbildung)*

Wie bei Gauß-Krüger handelt es sich bei der UTM-Abbildung um eine konforme transversale Zylinderprojektion. Im Unterschied zu GK schneidet der Zylinder das Ellipsoid und die Meridianstreifen sind 6° breit. Dadurch werden die Mittelmeridiane nicht längentreu abgebildet (Maßstabsfaktor 0,9996).

Die Ordinate wird als Ostwert E (East), die Abszisse als Nordwert N (North) bezeichnet. Dem Ostwert werden die Zonenkennzahl und eine Additionskonstante von 500 000 m vorangestellt, um

negative Ordinatenwerte zu vermeiden. Das System hat in Europa Gültigkeit von 0° (Äquator) bis 84° nördlicher Breite.

Baden-Württemberg liegt gänzlich in der Zone 32; Mittelmeridian für diese Zone ist der 9°-Meridian.

Die sich aus der Einführung des Koordinatenreferenzsystems ETRS89/UTM ergebenden Abbildungsverzerrungen sind nicht vernachlässigbar und wirken sich bei der Bestimmung von Koordinaten aus gemessenen Strecken (und Richtungen) und umgekehrt aus. Die Unterschiede zum bisherigen Koordinatenreferenzsystem DHDH/GK resultieren dabei im Wesentlichen aus

3.3 Strecken- und Flächenverzerrungen

- der unterschiedlichen Höhenlage des Bezugsellipsoids (3.3.1) und
- der Abbildung mit dem UTM-Systemmaßstab (3.3.2).

Die in den Abschnitten 3.3.1 und 3.3.2 angegebenen Formeln beschreiben die Sachverhalte unter Vernachlässigung von Gliedern höherer

Ordnung in ausreichender Näherung für Gebietsausdehnungen, die bei Liegenschaftsvermessungen anzutreffen sind. Bei Grundlagenvermessungen müssen i.d.R. differenziertere Betrachtungen angestellt werden.

3.3.1 Auswirkungen der unterschiedlichen Höhenlage der Bezugsfläche

Als Bezugssystem für Koordinatenangaben im System DHDN/GK dient das Bessel-ellipsoid, dessen Bezugshorizont näherungsweise mit der N(H)N-Fläche zusammenfällt. Gemessene Strecken werden auf die N(H)N-Fläche reduziert, Flächenangaben beziehen sich ebenfalls auf dieses Niveau.

Im System ETRS89/UTM wird auf das GRS80-Ellipsoid reduziert. Der Unterschied im Bezugshorizont beider Systeme (Höhenanomalie U) liegt in Baden-Württemberg zwischen 46,5 und 50,5 Metern. R ist der mittlere Erdradius.

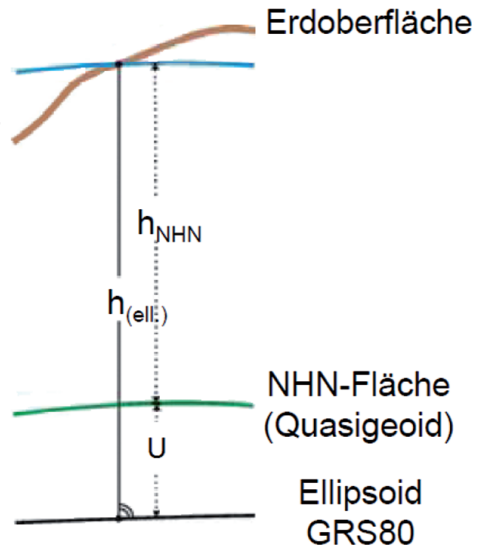


Abb. 7: Höhenanomalie

– Auswirkungen auf Strecken: $\Delta S = S_{GK} - S_{UTM} = S * U/R$

– Auswirkungen auf Flächen: $\Delta F = F_{GK} - F_{UTM} \approx 2 * F * U/R$

| Strecke | 10 m | 100 m | 500 m | 1000 m | 5000 m | 10000 m |
|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| $\Delta S[m]$ | -- | 0.001 | 0.004 | 0.008 | 0.039 | 0.078 |
| Fläche | 100 m ² | 500 m ² | 1000 m ² | 5000 m ² | 10000 m ² | 100000 m ² |
| $\Delta F[m^2]$ | -- | -- | -- | 0.1 | 0.2 | 1.6 |

Abb. 8: Auswirkungen der Höhenlage der Bezugsfläche

Für Strecken < 5 km lautet die Korrekturformel in Folge der Höhenreduktion:

$$S_{GRS80} = S * (1 - h_{ell}/R_{GRS80}) = S * (1 - (h_{NHN} + U)/R_{GRS80})$$

3.3.2 Auswirkungen der Abbildung

Während bei der Gauß-Krüger-Abbildung alle Strecken und Flächen gedehnt abgebildet werden, kommt es bei der UTM-Abbildung darauf an, ob man sich zwischen den Schnittlinien oder außerhalb der Schnittlinien von Zylinder und Ellipsoid befindet. Baden-Württemberg

liegt mit der gesamten Landesfläche zwischen diesen Schnittlinien (± 180 km vom Mittelmeridian).

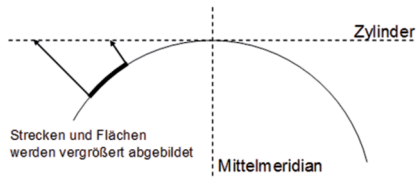


Abb. 9: Gauß-Krüger-Abbildung

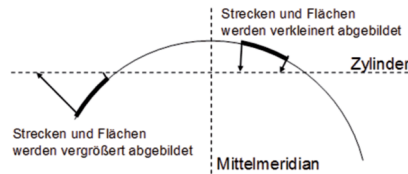


Abb. 10: UTM-Abbildung

Die Größe der durch die UTM-Abbildung bedingten Abbildungsverzerrung an einem Punkt ist abhängig von seiner Entfernung vom Mittelmeridian (y_m). Aus Koordinaten berechnete Strecken und Flächen tragen gegenüber den entsprechenden (gekrümmten) Größen auf der Bezugsfläche folgende abbildungsbedingte Verfälschungen:

- Strecken: $S = S_{GK} / (1 + y_m^2 / 2R_{\text{Bessel}}^2)$
 $S = S_{\text{UTM}} / ((1 + y_m^2 / 2R_{\text{GRS80}}^2) * 0.9996)$
- Flächen: $F = F_{GK} / ((1 + y_m^2 / 2R_{\text{Bessel}}^2)^2)$
 $F = F_{\text{UTM}} / ((1 + y_m^2 / 2R_{\text{GRS80}}^2) * 0.9996)^2$

| | Abstand vom Mittelmeridian | Strecken / ΔS | | Flächen / ΔF | |
|------------|----------------------------|-----------------------|----------|----------------------|---------------------|
| | | 100 m | 500 m | 1000 m ² | 5000 m ² |
| DHDN | im | 0.000 m | 0.000 m | 0.0 m ² | 0.0 m ² |
| ETRS89/UTM | Mittelmeridian | 0.040 m | 0.200 m | 0.8 m ² | 4.0 m ² |
| DHDN | 110 km östl./westl. | -0.015 m | -0.074 m | -0.3 m ² | -1.5 m ² |
| ETRS89/UTM | des Mittelmeridians | 0.025 m | 0.126 m | 0.5 m ² | 2.5 m ² |

Abb. 11: Auswirkungen der Abbildung

Die Abbildungsverzerrungen werden üblicherweise von den vermessungstechnischen Berechnungsprogrammen berücksichtigt. Die Bearbeiter von Liegenschaftsvermessungen müssen sich daher i.d.R. nicht um diese Sachverhalte kümmern.

In der deutschen Landesvermessung wurde das Referenzsystem ETRS89 erstmals mit dem Deutschen GPS-Referenznetz 1991 (DREF91) realisiert. Das DREF91 diente, als Verdichtung des European Reference Frame (EUREF), zum Anschluss für das Baden-Württembergische Referenznetz (BWREF).

4 REALISIERUNG
VON ETRS89/UTM
IN BADEN-
WÜRTTEMBERG

Von 1998 bis 2002 wurde in Baden-Württemberg das Referenzstationsnetz (RSN) für SAPOS[®] eingerichtet. Die Festlegung der Koordinaten des RSN erfolgte über die an der Erdoberfläche vermarkten Festpunkt-

te des DREF und BWREF. Nach der bundesweiten Etablierung von Referenzstationsvernetzungen traten die zum Teil inhomogenen Koordinatenbestimmungen der Referenzstationen zu Tage. Bereits Differenzen von wenigen Zentimetern können bei Vernetzungen zu inakzeptablen Modellfehlern führen. Aus diesem Grund wurden im Jahr 2002 alle 270 Referenzstationen der Bundesländer und des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) sowie grenznahe Stationen der Nachbarländer einer Diagnoseausgleichung unterzogen. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden in der gesamten Bundesrepublik homogene Referenzstationskoordinaten in ETRS89 eingeführt und diese als Realisierung ETRS89/DREF91(R2002) bezeichnet.

Nachfolgend fanden in ganz Deutschland Messkampagnen statt, um die Koordinaten von Bodennetzen und Referenzstationsnetzen zu harmonisieren. Zur umfassenden physischen Realisierung und Sicherung des amtlichen Raumbezugs wurde das Geodätische Grundnetz (GGN) aufgebaut, das in Baden-Württemberg zum Teil aus Festpunkten des DREF91 und BWREF besteht, die um hochstabile, unterirdische Festlegungen des Höhenfestpunktfelds ergänzt wurden. Das GGN und die Referenzstationspunkte (RSP) bilden die Grundlage zur Bereitstellung des amtlichen geodätischen Raumbezugs über SAPOS[®]-Dienste. Für den praktischen Gebrauch werden seit dem Jahr 2002 sowohl dreidimensionale geozentrische Koordinaten (3D-Koordinaten) als auch ETRS89/UTM-Koordinaten und Höhen über dem GRS80-Ellipsoid (ellipsoidische Höhen) bereitgestellt [Faulhaber 2007], [Dick 2009].

Im Jahr 2008 wurde im Rahmen des AdV-Projekts „Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes (DHHN)“ eine bundesweite GNSS-Messkampagne mit dem Ziel durchgeführt, eine homogene, mit höchster Präzision bestimmte Koordinatenverknüpfung zwischen GGN und RSN zu realisieren. Nahezu alle Festpunkte des GGN sind an das Höhen- und Schwerefestpunktfeld 1. Ordnung angeschlossen. Seit dem 1. Dezember 2016 ist diese neue Realisierung des amtlichen geodätischen Raumbezugs bundesweit als Teil des integrierten geodätischen Raumbezugs 2016 eingeführt; sie wird mit ETRS89/DREF91(R2016) bezeichnet [Heckmann 2015]. In den SAPOS[®]-Dienst sind diese neuen amtlichen Koordinaten der Referenzstationen eingebunden und ersetzen die bis dahin gültige Realisierung 2002. Die Differenzvektoren zwischen den ETRS89/DREF91 Realisierungen 2002 und 2016 sind in Abb. 12 dargestellt; die maximale Änderung eines Koordinatenwertes an einer SAPOS[®]-Referenzstationen in Baden-Württemberg beträgt 11 mm.



Abb. 12: Differenzvektoren an den RSP zwischen der Realisierung 2002 und 2016

Das LGL hat die Auswirkungen auf die bis 30. November 2016 bestimmten UTM-Koordinaten der Passpunkte untersucht und dabei festgestellt, dass mehr als 31% der Passpunkte (ca. 120.000) eine Koordinatenänderung von 1 cm in einem der beiden Koordinatenwerte erfahren und dass diese Änderungen ausschließlich im Süden und Westen von Baden-Württemberg auftreten.

Es ist alsbald zu entscheiden, ob und ggf. in welcher Form diese regionale Systematik im Zusammenhang mit der Überführung des Liegenschaftskatasters nach ETRS89/UTM berücksichtigt werden kann.

Der Bezugssystemwechsel von DHDN nach ETRS89 lässt sich mathematisch nicht mit einer geschlossenen Formel vollziehen. Zum Einsatz kommen daher üblicherweise Transformationsverfahren wie Helmert-Transformation (4 Parameter), Affin-Transformation (6 Parameter) oder räumliche Helmert-Transformation (7 Parameter). Sie gehen alle von spannungsfreien Netzen aus. Die Berechnung der Transformationsparameter erfordert identische Punkte (Passpunkte) mit Koordinaten in beiden Systemen. Sofern mehr Passpunkte als Unbekannte vorliegen, werden die Transformationsparameter durch Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen bestimmt. Aufgrund des historisch gewachsenen und mit unterschiedlichen Mess- und Berechnungsverfahren bestimmten Gauß-Krüger-Netzes liegen in Baden-Württemberg lokale Netzspannungen vor. Diese zeigen sich auch nach

5 TECHNISCHE GRUNDLAGEN FÜR DIE ÜBERFÜHRUNG NACH ETRS89/UTM

5.1 Transformationsverfahren

der Ausgleichung in Form von Restklaffen in den Passpunkten. Erst die nachbarschaftstreue Verteilung der Restklaffen auf die zu transformierenden Punkte ergibt ein praxistaugliches Ergebnis.

Das LGL hat zu Beginn des Jahres 2016 zusammen mit der Firma technet GmbH Untersuchungen über die Zahl der Transformationsparameter und die Art der Restklaffenverteilung mit Hilfe des Programms Systra (siehe Nr. 5.4) durchgeführt. Dabei wurde neben der in Systra standardmäßig implementierten Helmert-Transformation auch die Approximation durch ein konformes Polynom 4. Ordnung untersucht. Die Untersuchungen gründeten sich auf einen ausgedünnten, gleichmäßig über Baden-Württemberg verteilten Datenbestand von ca. 30.000 Passpunkten. Erwartungsgemäß ergaben sich beim Polynomansatz geringere Restklaffen gegenüber der Helmert-Transformation. Mit der anschließenden Verteilung der Restklaffen über die in Systra implementierte UTM-Homogenisierung stellten sich jedoch nahezu identische Ergebnisse ein. Das Fazit lautete daher: Die Helmert-Transformation ist auch bei der vorliegenden Ausdehnung des Projektgebietes (Baden-Württemberg) als konformer Transformationsparametersatz zur Vortransformation mit anschließender UTM-Homogenisierung geeignet.

5.2 Das NTV2-Verfahren

Aufgrund der Vorgaben des Vorbereitungsausschusses ETRS89/UTM zur Überführung des Liegenschaftskatasters sollte das Überführungsverfahren nach ETRS89/UTM verständlich und nachvollziehbar sein, damit es auch bei den Geofachdaten haltenden Stellen in Baden-Württemberg einsetzbar ist. Da diese Stellen üblicherweise nicht mit Ausgleichungssoftware arbeiten, musste ein alternatives Transformationsverfahren ausgewählt werden.

Die Entscheidung fiel zu Gunsten des aus Kanada stammenden NTV2-Verfahrens (National Transformation Version 2) aus. Das Verfahren wird üblicherweise auch als Gittertransformation oder gridbasierte Transformation bezeichnet. Es ist in allen gängigen Geoinformationssystemen implementiert.

Zur Berechnung einer NTV2-Gitterdatei werden in einem einmaligen Vorprozess die Verschiebewerte (Shiftwerte) zwischen den geographischen Koordinaten eines regelmäßigen Gitters auf dem Bessel-Ellipsoid und dem GRS80-Ellipsoid ermittelt. Hierzu werden die geographischen Koordinaten der Gitterpunkte zunächst streng mathematisch mit den Formeln von Mittermayer [Mittermayer 2002] nach Gauß-Krüger umgerechnet, anschließend als Neupunkte in die Ausgleichung

eingeführt und unter Berücksichtigung der Restklaffen in den Passpunkten in UTM-Koordinaten überführt. Die UTM-Koordinaten der Gitterpunkte müssen anschließend mit o.g. Formeln in geographische Koordinaten auf dem GRS80-Ellipsoid umgerechnet werden. Durch Differenzbildung ergeben sich die Shiftwerte.

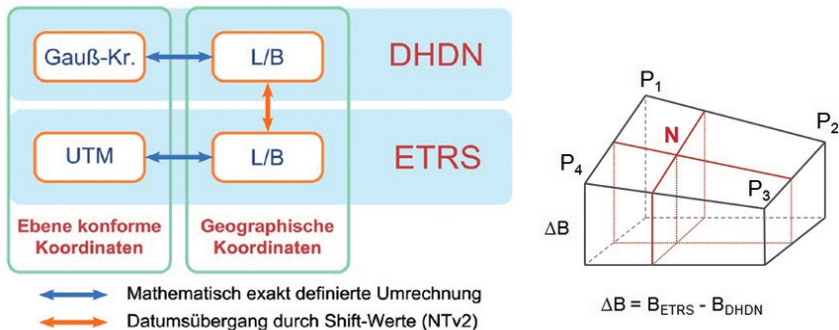


Abb. 13: Prinzip der NTV2-Transformation

Für jedes von GK nach UTM zu transformierende Koordinatenpaar werden die Shiftwerte bilinear aus den Shiftwerten der vier nächstgelegenen Gitterpunkte interpoliert. Das Verfahren ermöglicht die Überführung von beliebig vielen Punkten und benötigt darüber hinaus keine Höheninformationen. Für die Rücktransformation von UTM nach GK kann die gleiche NTV2-Datei verwendet werden.

Die Überführung der GK-Koordinaten nach UTM findet beim NTV2-Verfahren in zwei Schritten statt:

- Schritt 1: Berechnung des Transformationsgitters durch Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen.
- Schritt 2: Berechnung der Gauß-Krüger-Koordinaten mittels NTV2-Verfahren nach UTM durch die jeweils zuständige datenhaltende Stelle

Die AdV hat im Jahr 2007 eine NTV2-Gitterdatei mit einer Gitterweite von $6' \times 10'$ unter der Bezeichnung BeTA2007 (**B**undeseinheitliche **T**ransformation für **AT**KIS®) zur Transformation von geotopographischen Daten von GK nach UTM veröffentlicht [AdV 2017]. Das Gitter umschließt das Gebiet Deutschlands als Rechteck und garantiert bundesweit eine Transformationsgüte von wenigen Dezimetern. Es ist problemlos und ohne Programmierkenntnisse möglich, diese Gitterdatei im GIS durch eine genauere Gitterdatei zu ersetzen. Bereits bei einer Verringerung der Gitterweite von ca. 18 km (BeTA2007) auf 1 km lassen sich deutlich bessere Transformationsergebnisse erreichen.

- Transformation DHDN/GK → ETRS89/UTM mit unterschiedlichen Gitterweiten
- Verwendete Punkte: 30 943

| | BeTA2007 | BW-Test |
|------------------------------------|---------------|-------------|
| Gitterweite | 17 km x 18 km | 1 km x 1 km |
| Abweichung im quadratischen Mittel | 0,052 m | 0,016 m |
| Abweichung maximal | 0,212 m | 0,102 m |

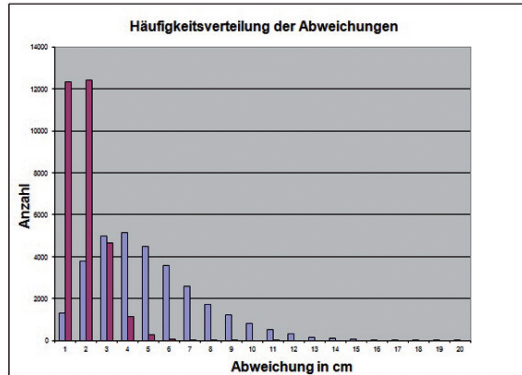


Abb. 14: Vergleich von BeTA2007 mit engmaschigerem NTv2-Gitter

5.3 Baden-Württembergische Transformation für ALKIS® 2017 (BWTA2017)

Die Qualität und die Genauigkeit der Transformation hängen beim NTv2-Verfahren von der Zahl der Passpunkte und von der Gitterweite des Transformationsgitters ab. Im Dezember 2016 betrug die Zahl der gemessenen Passpunkte in Baden-Württemberg bereits nahezu 430.000. Wenn 2017 das für die Überführung des Liegenschaftskatasters verwendete Transformationsgitter BWTA2017 (**B**aden-**W**ürttembergische **T**ransformation für **ALKIS**®) berechnet wird, dürften es mehr als 450.000 Passpunkte sein. Als Passpunkte sind ausschließlich Trigonometrische Punkte und Aufnahme­punkte zugelassen, deren Koordinaten in GK und UTM mit der Qualität „Landeskoordinaten“ gespeichert sind. Damit wird fast jeder zweite Aufnahme­punkt in Baden-Württemberg in die Berechnung des Transformationsgitters eingehen.

Bei der Wahl der Gitterweite des Transformationsgitters muss ein Kompromiss zwischen dem (einmaligen) Rechenaufwand und dem zu erzielenden Ergebnis gefunden werden. Eine zu enge Gitterweite erhöht den Rechenaufwand, den Speicherbedarf und die Transformationsgeschwindigkeit, ohne die Genauigkeit zu verbessern. Bei zu großer Gitterweite können die an den Passpunkten vorliegenden Restklaffen (Verbesserungen) nur noch bedingt auf die Gitterpunkte übertragen werden. Lokale Netzspannungen werden homogenisiert und werden nur gedämpft an die zu transformierenden Punkte weitergegeben. Die optimale Gitterweite sollte sich in etwa am mittleren Abstand der Aufnahme­punkte in der Ortslage orientieren. Aufgrund von empirischen Tests mit den Passpunkten mehrerer Landkreise hat sich die Projektgruppe im LGL auf eine Gitterweite von ca. 50m verständigt (siehe Nr. 6.6).

Mit dieser Festlegung und ausgehend von den vier Extremkoordinaten von Baden-Württemberg (umgerechnet in Grad):

- im Süden 47° 31' 59,7" N, 7° 41' 34,9" O
in der Gemeinde Grenzach-Wyhlen,
- im Norden 49° 47' 32,7" N, 9° 38' 59,7" O
in der Stadt Wertheim,
- im Osten 48° 41' 21,6" N, 10° 29' 48,7" O
in der Gemeinde Dischingen und
- im Westen 47° 41' 54,9" N, 7° 30' 45,2" O
in der Gemeinde Efringen-Kirchen

ergibt sich die Dimensionierung des NTV2-Gitters (BWTA2017) zur Transformation des Liegenschaftskatasters:

| | | |
|---------------------------------|------------|-----------|
| S_LAT (Südliche Begrenzung): | 47° 30' | = 171000" |
| N_LAT (Nördliche Begrenzung): | 49° 49' | = 179340" |
| E_LONG (Östliche Begrenzung): | 10° 31' | = 37860" |
| W_LONG (Westliche Begrenzung): | 7° 29' | = 26940" |
| LAT_INC (Gitterabstand Breite): | 1,5" | |
| LONG_INC (Gitterabstand Länge): | 2,5" | |
| GS_COUNT (Anzahl Gitterpunkte): | 24.296.009 | |

Die Gitterweite und die Shiftwerte werden in der Datei in Grad (Sekunden) geführt. Mit diesem Gitter werden nur Punkte innerhalb der Landesgrenze von Baden-Württemberg transformiert.

Bei der Berechnung des Transformationsgitters BWTA2017 durch das LGL werden die Koordinaten von 24,3 Mio. Gitterpunkten durch Ausgleichung ermittelt. Das zu lösende lineare Gleichungssystem besteht dabei aus mehr als 52 Mio. Beobachtungen (Koordinatendifferenzbeobachtungen) und 48,6 Mio. Unbekannten (Koordinaten des Transformationsgitters BWTA2017), eine echte Herausforderung für Soft- und Hardware.

Die Transformationsdatei BWTA2017 in binärer Form wird eine Größe von 375 Megabyte haben. Durch Ladung in den Hauptspeicher kann die Performance der Transformation um den Faktor 1000 gesteigert werden. Mit einem handelsüblichen PC ist es beim LGL gelungen, 800.000 GK-Koordinatenpaare in weniger als einer Minute nach UTM zu transformieren [Frech 2016].

Das LGL wird das Transformationsgitter BWTA2017 den 18 Städten in Baden-Württemberg mit eigener ALKIS®-Verfahrenslösung rechtzeitig

zur Verfügung stellen, damit diese ihre ALKIS®-Daten mit dem identischen Transformationsansatz überführen können. Damit ist die Übereinstimmung der Koordinaten entlang der Bearbeitungsgrenzen zwischen den unteren Vermessungsbehörden (uVB) bei den Städten und den Landkreisen gewährleistet.

5.4 Systra Systra ist ein Ausgleichungsprogramm der Fa. technet GmbH zur verketteten Transformation und Homogenisierung lokaler Koordinatensysteme unter Berücksichtigung geodätischer Messungen und geometrischer Bedingungen in das Landessystem [technet 2010]. Systra wird in Baden-Württemberg bereits seit einigen Jahren für die rechnerische Grenzfeststellung verwendet. Seit 2012 wird es innerhalb der ALKIS®-Erhebungs- und Qualifizierungskomponente (EQK) DAVID-kaRIBik auch für die gemarkungsweisen Diagnoseausgleichungen der unteren Vermessungsbehörden zur Beurteilung der Passpunktdichte und -identität eingesetzt. Das Programm hat sich in über 3000 Diagnoseausgleichungen bewährt, daher lag es nahe, es auch für die Berechnung des Transformationsgitters BWTA2017 einzusetzen. Bereits in der 32-Bit-Version können bis zu 250.000 Punkte in wenigen Sekunden ausgeglichen werden.

In Systra können drei Ausgleichungsstufen einzeln oder in Kombination ausgewählt werden.

| Stufe | Ausgleichungsart | Methode | Umgang mit Fehlern |
|-------|-------------------------------|---|---|
| 1 | Näherungskordinatenberechnung | Konjugierte Gradienten | Automatische Elimination sehr grober Fehler |
| 2 | Strenge Ausgleichung | Kleinste-Quadrate-Methode | Statistische Analyse und Fehlerbehandlung |
| 3 | Homogenisierung | Kleinste-Quadrate-Methode plus Membran-Modell | Einpassung systematischer Restfehler |

Abb. 15: Inhalt und Merkmale der Ausgleichungsstufen in Systra

Eine Besonderheit ist die Homogenisierung als dritte Ausgleichungsstufe. Bei der UTM-Homogenisierung in Systra werden sowohl die Passpunkte als auch die zu transformierenden Gitterpunkte mittels Delauney-Triangulation programmgesteuert in möglichst optimalen Dreiecken vermascht. Als Ersatzbeobachtungen gehen die Koordinatenunterschiede der Dreiecksseiten im GK-System in die Ausgleichung ein. Die dabei durchgeführte nachbarschaftstreue Verteilung der Restklaffen in den Passpunkten auf die Gitterpunkte wird als „Membranmethode“ bezeichnet. Sie ist der streckengewichteten Interpolati-

on überlegen, da die Verteilung der Restklaffen flächenhaft wirkt und unabhängig von der Lage von Passpunkten und Gitterpunkten ist. Darüber hinaus bleiben geometrische Bedingungen weitgehend erhalten [technet 2010].

Trotz sehr leistungsfähiger Hardware (Prozessor Intel core i7, schnelle SSD-Festplatte) ist es nicht möglich, das landesweite Transformationsgitter BWTA2017 in einer Ausgleichung zu berechnen. Aus diesem Grund wird die Berechnung der Shiftwerte des Gitters in ca. 20 Streifen mit einer Nord-Süd-Ausdehnung von ca. 13 km erfolgen.

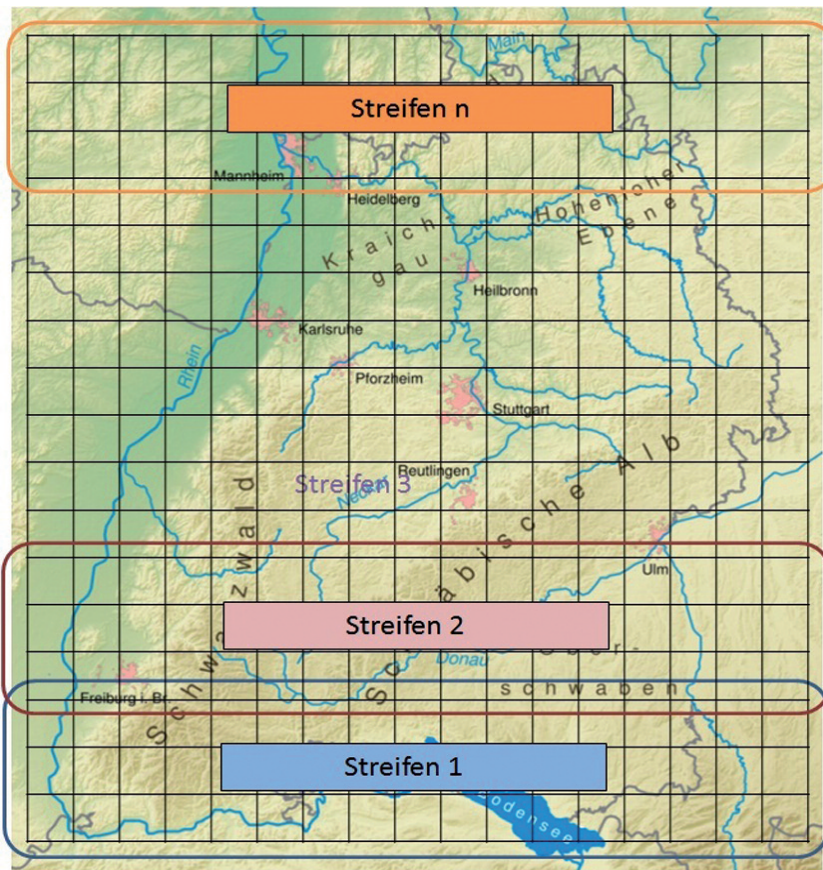


Abb. 16: Aufteilung des Gitters in mehrere Streifen

Die Passpunkte überlappen den jeweiligen Streifen um ca. 2 km. Die Nahtstellen der Teilgitter werden mittels der Programmkomponente Systra-Merge durch gewichtete Mittelbildung miteinander „vernäht“.

Für jeden Streifen mit ca. 1,4 Mio. Gitterpunkten ergibt sich eine Rechenzeit von ca. 25 Stunden. Das anschließende Vernähen ist dann in weniger als zwei Stunden erledigt.

5.5 Überführungsstrategie

Das LGL hat die gesetzliche Aufgabe, die Geobasisdaten landesweit zu speichern und bereitzustellen.

Insbesondere die ALKIS®-Daten können über das Shop-System (GeobasisIntern bzw. ALKIS®-Shop) nahezu „rund um die Uhr“ von den Öffentlich bestellten Vermessungsingenieuren und Ingenieurbüros abgerufen werden. Auch die unteren Vermessungsbehörden bei den Landkreisen sind es gewohnt, auf die ALKIS®-Daten für Liegenschaftsvermessungen bzw. für die Qualifizierung von beigebrachten Vermessungsschriften an fünf Tagen in der Woche zuzugreifen. Eine längere Unterbrechung bei der Datenbereitstellung ist für diese Kunden nicht akzeptabel und würde zu erheblichen Einschränkungen des Grundstücksverkehrs in Baden-Württemberg führen.

Für die Überführung der Vektor-Daten des Liegenschaftskatasters mit einem Datenvolumen von ca. 400 Gigabyte sind für den vollständigen Export im Format der Normbasierten Austauschschnittstelle (NAS), die Transformation nach UTM mittels BWTA2017 und die anschließende Speicherung in eine leere ALKIS®-DHK mit dem neuen Koordinatensystem UTM auch bei sehr leistungsfähiger Infrastruktur im Landesrechenzentrum üblicherweise ca. 6 bis 8 Monate einzukalkulieren. Dank intensiver Analyse der Datenstrukturen wurden Möglichkeiten gefunden, wie ein Großteil der ALKIS®-Daten innerhalb der Datenbank umgestellt werden kann.

Dadurch kann die Umstellung der ALKIS®-Daten deutlich beschleunigt werden und weitgehend „im Hintergrund“ stattfinden. Bis auf einen kurzen Fortführungsstopp am Ende der mehrwöchigen Umstellungsphase sind die Fortführung und der Datenabruf uneingeschränkt im Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem möglich. Zu einem vom MLR noch festzulegenden Stichtag Ende 2017 werden Datenbereitstellungen und Fortführungen nur noch in den auf UTM umgestellten Datenbanken stattfinden.

Der Zeitgewinn durch die Transformation innerhalb der Datenbank wird vollständig an die unteren Vermessungsbehörden weitergegeben, um die Passpunktbestimmung durch Abgabe von Vollzugserklärungen abzuschließen.

Dadurch sollte es den uVB gelingen, für nahezu alle der 3380 Gemarungen in Baden-Württemberg Vollzugserklärungen abzugeben.

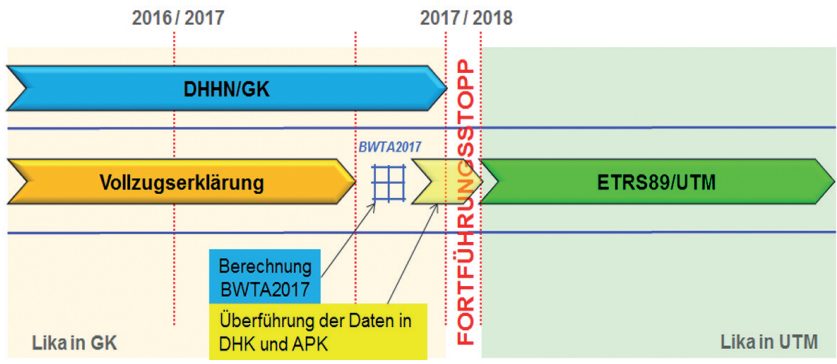


Abb. 17: Zeitplan zur Überführung von ALKIS® nach ETRS89/UTM

Der mehrstufige Prozess für die Umstellung der ALKIS®-Daten der DHK beginnt mit dem Erstellen einer Datenbankkopie der GK-DHK. Anschließend werden alle Objekte mit Raumbezug wie Flurstücke oder Gebäude innerhalb der Datenbank nach UTM transformiert. ALKIS®-Objekte ohne Raumbezug werden bei der Transformation nicht verändert. In Stufe 3 wird die UTM-DHK mit dem Verfahren Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung (NBA) und anschließender Transformation nach UTM aktualisiert. Es folgt danach eine kurze Phase, in der keine Fortführungen in ALKIS® möglich sein werden (Fortführungsstopp). Er wird für die Transformation der ALKIS®-Punktobjekte außerhalb der Datenbank unter Beachtung der Überführungsregeln (Nr. 5.5) benötigt. Dabei werden u.a. die transformierten UTM-Koordinaten der Punktobjekte mit neuen Objektidentifikatoren in die ALKIS®-DHK gespeichert und die für die Berechnung des Transforma-

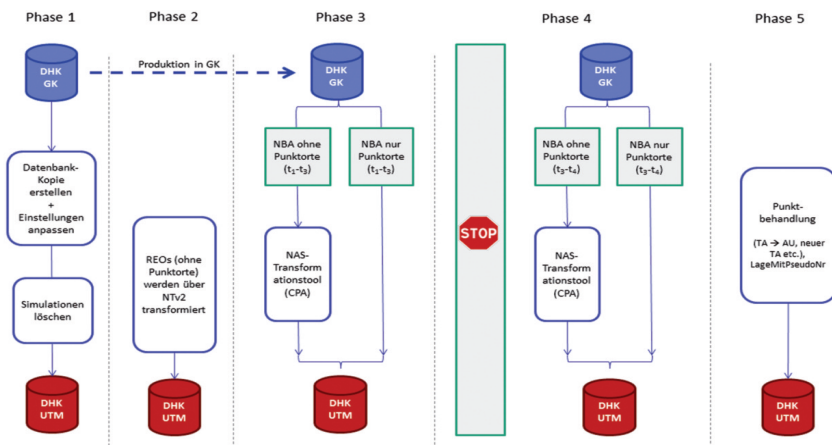


Abb. 18: Ablaufplan für die Umstellung von ALKIS® beim LGL

tionsgitters BWTA2017 verwendeten Passpunkte dauerhaft gekennzeichnet. Abschließend wird die komplett umgestellte Datenbank auf die Produktionsinfrastruktur im Rechenzentrum übertragen.

5.6 Transformationsregeln für ALKIS®

Bei der Überführung der Daten des Liegenschaftskatasters sind eine Reihe von Transformationsregeln zu beachten. Sie wurden im August 2016 auf der Webseite des LGL veröffentlicht (www.lgl-bw.de) und den unteren Vermessungsbehörden in Baden-Württemberg sowie den IT-Dienstleistern der katasterführenden Städte übergeben.

Wichtige fachliche Regeln sind:

- Kennzeichnung der zur Ermittlung der landesweiten Transformationsparameter als identische Punkte verwendeten TP und AP mit dem Hinweis „Passpunkt“ im Attribut Sonstige Eigenschaften (Nr. 8 (9) VwVLK).
- Rundung der transformierten Koordinaten auf cm. Die Scheitelpunkte kreisförmiger Linien werden auf mm gerundet.
- Durchführung eines „Punktortwechsels“ bei den Koordinaten der Grenzpunkte. Dabei werden die bisherigen GK-Koordinaten in ein ALKIS®-Objekt vom Typ AX_PunktortAU übernommen. Die durch Transformation berechneten UTM-Koordinaten werden in AX_PunktortTA geführt.
- Überführung der ALKIS®-Daten wird unter einer landesweit einheitlichen Veränderungsnummer dokumentiert.
- Regeln für den Lagestatus der Koordinaten der ALKIS®-Punktobjekte.

| Punktqualität | Lagestatus GK | Lagestatus UTM |
|--|---------------|--|
| Landeskoordinaten | 1600 | 1600 (Vollzugserklärung vorliegend) 4100 (Vollzugserklärung nicht vorliegend) |
| Lagestatus bislang | 1610 | } |
| Lagestatus transformiert | 1620 | |
| Lagestatus graphisch | 4100 | |
| Digitalisiert aus Katasterunterlagen (m ≥ 1:1000) | 4210 | 4210 |
| Digitalisiert aus Katasterunterlagen (1:1000 > m ≥ 2000) | 4220 | 4220 |
| Digitalisiert aus Katasterunterlagen (1:2000 > m ≥ 3000) | 4230 | 4230 |
| Digitalisiert aus sonstigen Unterlagen | 4300 | 4300 |

Abb. 19: Regeln für die Lagestatus der ALKIS®-Punktobjekte

Die Beachtung der Regeln garantiert die Einheitlichkeit des Liegenschaftskatasters in Baden-Württemberg.

Obwohl die Daten des amtlichen Liegenschaftskatasters vor jeder Fortführung durch die uVB geprüft werden, lässt es sich nicht vermeiden, dass durch Fehleingaben oder Mängel in den ALKIS®-Komponenten Zustände in der ALKIS®-DHK entstehen, die fachlich nicht korrekt sind. Die Erkennung dieser Datenfehler während der Transformation wäre grundsätzlich möglich, eine programmgesteuerte Beseitigung jedoch nicht, da Einzelfallentscheidungen der uVB erforderlich sind. Damit die Überführung von ca. 330 Mio. Koordinatenpaaren in ca. 260 Mio. ALKIS®-Objekten ohne interaktive Eingriffe und ohne Zeitverzögerung vollzogen werden kann, müssen die Datenfehler im Vorfeld aufgespürt und beseitigt werden.

Hierzu erhalten die uVB seit Herbst 2016 in regelmäßigen Abständen Auswertungen aus DHK und APK. Dabei werden u.a. Aufnahmepunkte mit widersprüchlichen GK-Koordinaten oder gar ohne Koordinaten aufgespürt. Glücklicherweise handelt es sich dabei um wenige Einzelfälle.

Bei diesen Untersuchungen wurde festgestellt, dass es in Baden-Württemberg ca. 30.000 Aufnahmepunkte gibt, die gleichzeitig auch Grenzpunkte sind. Derartige Doppelfestlegungen waren früher zulässig und sind immer noch aktuell im Liegenschaftskataster gespeichert. Im Zuge der Passpunktbestimmung haben diese Aufnahmepunkte UTM-Koordinaten durch GNSS-Messung erhalten. Damit die gewollte Identität auch weiterhin gewährleistet ist, müssen die gemessenen UTM-Koordinaten auf die Grenzpunkte und weitere flächenförmige Objekte wie z.B. Flurstücke oder tatsächliche Nutzungen übertragen werden. Dies wird durch das LGL programmgesteuert während des Fortführungsstopps durchgeführt. Die katasterführenden Städte mit eigener ALKIS®-Verfahrenslösung erhalten entsprechende Auswertungen für die Korrektur ihrer DHK.

Neben der Überführung der Koordinaten müssen auch die Software-Komponenten EQK, DHK und APK auf den Umstieg auf ETRS89/UTM vorbereitet werden. Diese Arbeiten laufen bereits seit Mitte 2016 und werden bis zur Umstellung Ende 2017 rechtzeitig abgeschlossen sein.

Das Land Baden-Württemberg setzt bei den uVB in den Landkreisen für ALKIS® die EQK DAVID-kaRIBik ein. Dort müssen unter anderem die Berechnungsfunktionen, die Erfassungsdialoge und die Ausgabeprotokolle angepasst werden. Insbesondere der Bereich der Erfassung von GNSS-Messungen muss komplett überarbeitet wer-

den. Bisher war es notwendig, die gemessenen SAPOS®-Koordinaten nach Gauß-Krüger zu transformieren und in die Nachbarschaft einzupassen. Beides kann zukünftig entfallen, wodurch eine erhebliche Arbeitserleichterung bei Liegenschaftsvermessungen mit SAPOS® entsteht.

Trotz aller Bemühungen wird es nicht möglich sein, alle in Gauß-Krüger begonnenen DAVID-kaRIBik-Projekte vor der landesweiten Transformation abzuschließen. Da die Vermessungsarbeiten auch während des Fortführungsstopps nicht zum Erliegen kommen, wird es nach der landesweiten Transformation noch Projekte im Gauß-Krüger-System geben. Eine vollständige Überführung nach UTM ist technisch nicht möglich. Deshalb werden die Punktdaten aus dem bestehenden DAVID-kaRIBik-Projekt exportiert und mit Hilfe des Transformationsdienstes des LGL (siehe Nr. 8.2) nach UTM transformiert. Die transformierten UTM-Koordinaten müssen anschließend in ein neues DAVID-kaRIBik-Projekt mit UTM-Bestandsdaten importiert werden. Damit ist gewährleistet, dass die neu erzeugten oder veränderten Punktdaten nicht verloren gehen und eventuell durchgeführte Punktbestimmungen im Außendienst nicht erneut erfolgen müssen. Die Bearbeitung der Flächenobjekte muss im neuen DAVID-kaRIBik-Projekt erneut durchgeführt werden.

Wie bei jeder neuen DAVID-kaRIBik-Version wird die Software vor der Freigabe im Rahmen der internen Qualitätssicherung über automatisierte Testfälle geprüft. Im Zuge der Umstellung auf ETRS89/UTM müssen ca. 400 Testfälle umgestellt werden. Der Einsatz der neuen DAVID-kaRIBik-Programmversion wird darüber hinaus bei ausgewählten uVB getestet.

In DHK und APK sind im Wesentlichen die Korrekturformeln für die Strecken- und Flächenreduktion auszutauschen. Da die DHK-Software auch in anderen Bundesländern im Einsatz ist, die schon vorher auf ETRS89/UTM umgestellt haben, werden keine Probleme erwartet. Landesspezifische Anpassungen sind ferner in der APK und in den Shop-Komponenten (GeobasisIntern und ALKIS®-Shop) erforderlich, damit in den ALKIS®-Ausgaben UTM-Koordinaten korrekt dargestellt bzw. im Shop während des Bestellprozesses UTM-Koordinaten angezeigt und im Auswahlpolygon eingegeben werden können. Vor dem Echteinsatz der geänderten Programme ist ein Integrationstest der Komponenten vorgesehen.

Im Jahr 1991 wurde von der AdV die Einführung von ETRS89 als bundeseinheitliches Bezugssystem für die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster beschlossen. Im Jahr 1995 wurde der Beschluss mit der Festlegung von UTM als das zugehörige Koordinatensystem ergänzt. Die Umsetzung der beiden AdV-Beschlüsse begann in Baden-Württemberg 2003 mit der Änderung der AP-Vorschrift und der damit verbundenen Vorgabe, beim Einsatz des SAPOS®-Verfahrens für Trigonometrische Punkte (TP) und Aufnahmepunkte (AP) ETRS89/UTM-Koordinaten zu bestimmen. Die weiteren Schritte sind in Abbildung 20 dargestellt.

6 ÜBERFÜHRUNG VON ALKIS® NACH ETRS89/UTM

6.1 Historie (Sammelphase, Flächenhafte Bestimmung von Passpunkten, Terminvorgabe)

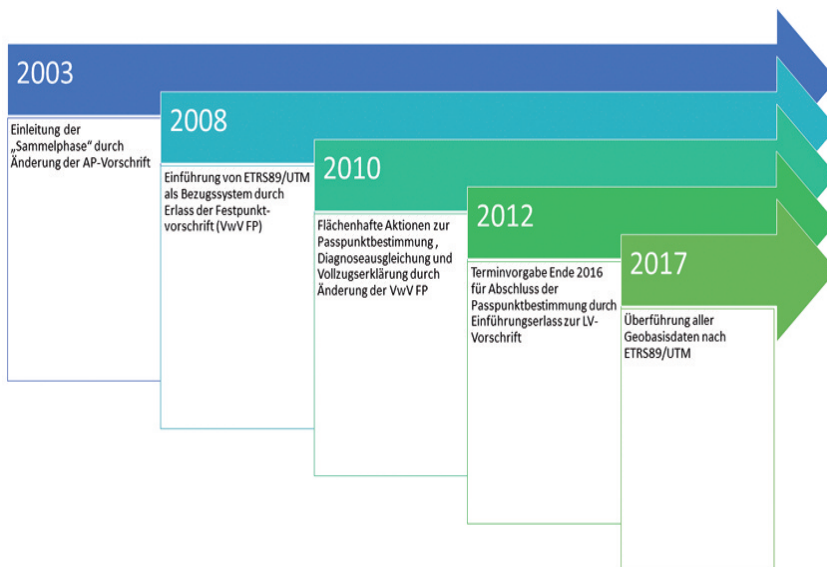


Abb. 20: Zeitliche Abfolge der Einführung von ETRS89/UTM in Baden-Württemberg

Bei der flächenhaften Passpunktbestimmung wird grundsätzlich gemarkungsweise vorgegangen. Da das gesetzte Ziel des „spannungsfreien“ Netzes mit den TP alleine nicht erreicht werden kann, müssen neben den TP auch AP als Passpunkte bestimmt werden.

6.2 Passpunkt-auswahl und -messung durch die uVB

Für die Erstausswahl der Passpunkte wurden vom Vorbereitungsausschuss zwei Möglichkeiten empfohlen:

1. Auswahl der Passpunkte anhand der Berechnungsakten

Bei Netzausgleichungen reicht es, die Anschlusspunkte als Passpunkte zu verwenden (vgl. Abb.21).

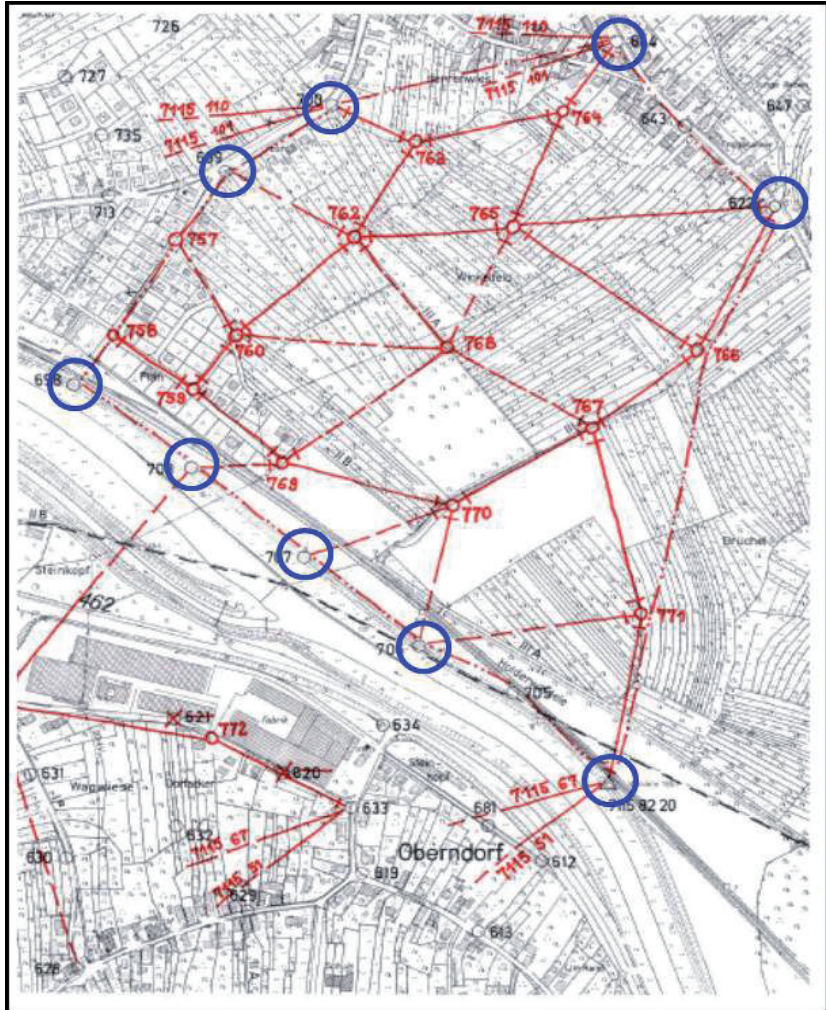


Abb. 21: Beispiel zur Passpunktauswahl - Netzausgleich

Bei Polygonzügen sollen in der Regel die Anfangs-, End- und Knotenpunkte als Passpunkte verwendet werden. Sind Polygonzüge nicht verknüpft, sollen stattdessen ausgewählte Zwischenpunkte als weitere Passpunkte verwendet werden (vgl. Abb. 22).

2. Auswahl der Passpunkte anhand von TP-Maschen

In einem ersten Schritt sollten für möglichst alle mit GNSS-Verfahren messbaren TP ETRS89/UTM-Koordinaten bestimmt werden. In

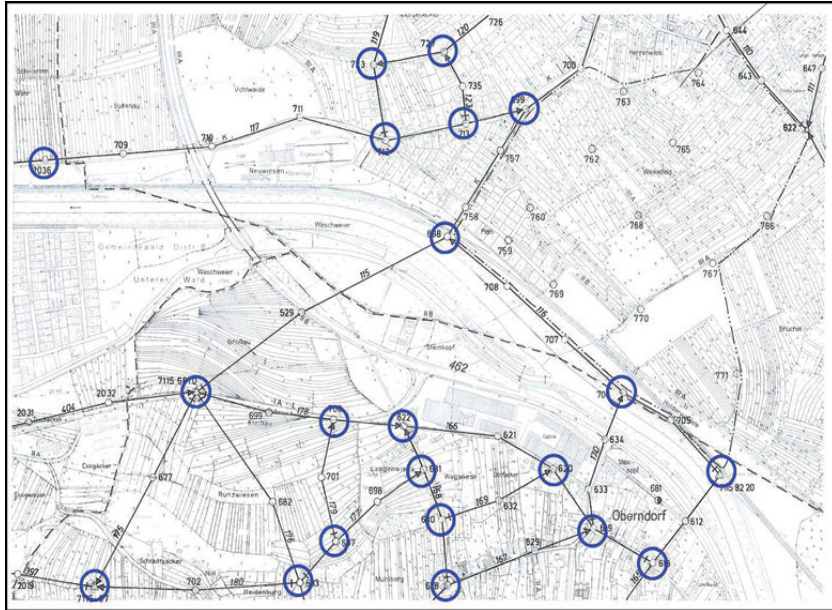


Abb. 22: Beispiel zur Passpunktauswahl – Polygonzüge

den sich daraus ergebenden TP-Maschen sollen dann möglichst gleichmäßig verteilte AP als weitere Passpunkte ausgewählt werden (vgl. Abb. 23). Damit wird dem Vorgehen bei der Gauß-Krüger-Koordinatenbestimmung genähert Rechnung getragen, da die Polygonzüge zur Festpunktfeldverdichtung (TP und AP) ebenfalls zwischen die TP-Maschen gelegt wurden.

In der Praxis zeigte sich jedoch sehr schnell, dass die als Passpunkte vorgesehenen Lagefestpunkte in der Örtlichkeit häufig nicht mehr vorhanden waren. Ein weiteres Problem waren starke Abschattungen, z.B. durch bauliche Anlagen und Bäume, die direkte GNSS-Messungen verhinderten. Bei fehlenden Lagefestpunkten konnte oft auf benachbarte Lagefestpunkte ausgewichen werden. Wenn dies nicht möglich war und der Lagefestpunkt zwingend als Passpunkt benötigt wurde, musste er wieder hergestellt werden. Waren direkte GNSS-Messungen auf Grund von Abschattungen nicht möglich, wurden die UTM-Koordinaten häufig indirekt durch polares Absetzen bestimmt. In Einzelfällen war es nötig, die ETRS89/UTM-Koordinaten durch Polygonzugmessung zu bestimmen. Dieses aufwendige Verfahren kam insbesondere in dichten großflächigen Waldgebieten zum Einsatz, um auch dort eine ausreichende Anzahl von Passpunkte bestimmen zu können.



Abb. 23: Beispiel zur Passpunktauswahl - TP-Masche

6.3 Diagnoseausgleichung, Vollzugserklärung

Nach Abschluss der Passpunktbestimmung für eine Gemarkung schließt sich eine zweistufige Diagnoseausgleichung an. Diese dient hauptsächlich der Qualitätssicherung der bestimmten Passpunkte. Dabei werden die gemessenen ETRS89/UTM Koordinaten und die zugrundeliegenden Gauß-Krüger-Koordinaten von der unteren Vermessungsbehörde abschließend auf potentielle Fehler untersucht. Zur Beurteilung der Qualität der Passpunkte am Rand einer Gemarkung ist das Einbeziehen von Passpunkten der jeweiligen Nachbargemarkungen in die Diagnoseausgleichung erforderlich.

Die erste Stufe der Diagnoseausgleichung (Helmert-Transformation, 4PT) dient im Wesentlichen dem Auffinden grober Fehler in den gemessenen Passpunkten. Hierfür werden die Gauß-Krüger-Koordinaten (System 1) der identischen Punkte auf die ETRS89/UTM-Koordinaten (System 2) transformiert. Als mittlerer Punktfehler im System 1 werden 1,5 cm angenommen, die Koordinaten des Systems 2 werden hierbei als feste Größe behandelt, eine Gewichtung ist nicht möglich.

Die zweite Stufe der Diagnoseausgleichung (Nachbarschaftliche Anpassung, Delaunay-Triangulation) dient zur Beurteilung der nachbarschaftlichen Verhältnisse. Über eine Delaunay-Triangulation werden automatisch aus den GK-Koordinaten der Passpunkte Dreiecke mit möglichst gleich großen Innenwinkeln gebildet. Die Dreieckseiten werden dann anstatt der GK-Koordinaten als Ersatzbeobachtungen in die Ausgleichung eingeführt. Im Weiteren werden die Abweichungen in den Dreieckseiten zwischen System 1 und 2 statistisch untersucht. Dadurch können Bereiche mit größeren nachbarschaftlichen Spannungen identifiziert werden. Die so entdeckten Spannungen müssen dann erforderlichenfalls beseitigt werden. Dies kann beispielsweise durch Überprüfung der UTM- und GK-Koordinate und erforderlichenfalls Bestimmung weiterer Passpunkte im umgebenden Bereich erfolgen. Bei der Bereinigung sind immer Einzelfallentscheidungen zu treffen.

Zur Durchführung der Diagnoseausgleichungen kommt bei den uVB in der Regel das Programmsystem DAVID-kaRIBik mit integriertem Systra-Modul zum Einsatz. Städtische Vermessungsdienststellen verwenden das Programmsystem Systra häufig auch als Einzelplatzlizenz. Die Vorgaben für die Einstellungen bei der Diagnoseausgleichung sind für beide Varianten identisch.

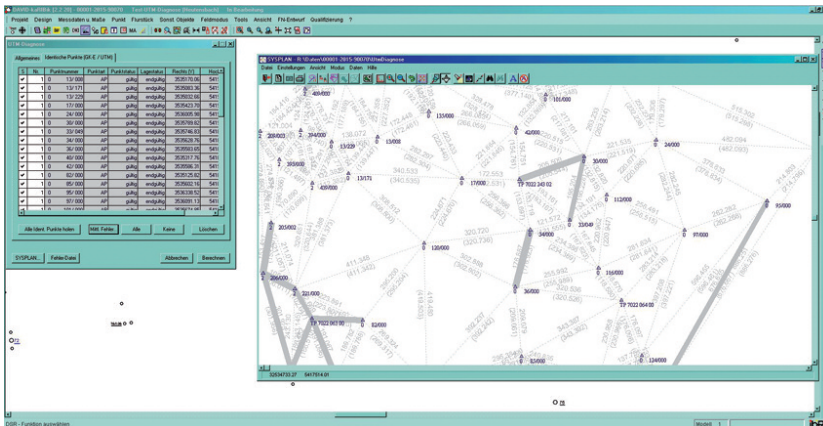


Abb. 24: Diagnoseausgleichung mit Systra in DAVID-kaRIBik

Wurden alle notwendigen TP und AP bestimmt und die Diagnoseausgleichung der uVB weist keine groben Fehler und ungeklärten Auffälligkeiten mehr auf, wird die Passpunktbestimmung für die betroffene Gemarkung für beendet erklärt und die Vollzugserklärung abgegeben. Die Ergebnisse der Diagnoseausgleichung werden zu einer Vermes-

sungsschrift zusammengefasst und mittels Fortführungsentscheidung in das Liegenschaftskataster übernommen.

Für Gemarkungen mit Vollzugserklärung müssen keine weiteren Anschlusspunkte in ETRS89/UTM bestimmt werden. Um diese Information auch den Öffentlich bestellten Vermessungsingenieurinnen und -ingenieuren zugänglich zu machen, werden die Gemarkungen mit Vollzugserklärung auf der Website des LGL (www.lgl-bw.de) veröffentlicht.

6.4 Qualitäts- sicherung der Passpunkte und Vollzugs- erklärungen durch das LGL

Haben die unteren Vermessungsbehörden die Passpunktbestimmung für ihren jeweiligen Dienstbezirk abgeschlossen und liegen für alle Gemarkungen einer Dienststelle Vollzugserklärungen vor, führt das LGL eine Diagnoseausgleichung über den jeweiligen Dienstbezirk durch. Neben der allgemeinen Qualitätssicherung und der Überprüfung auf ungeklärte Auffälligkeiten, stehen hierbei auch insbesondere die Gemarkungs- und Dienstbezirksgrenzen im Fokus.

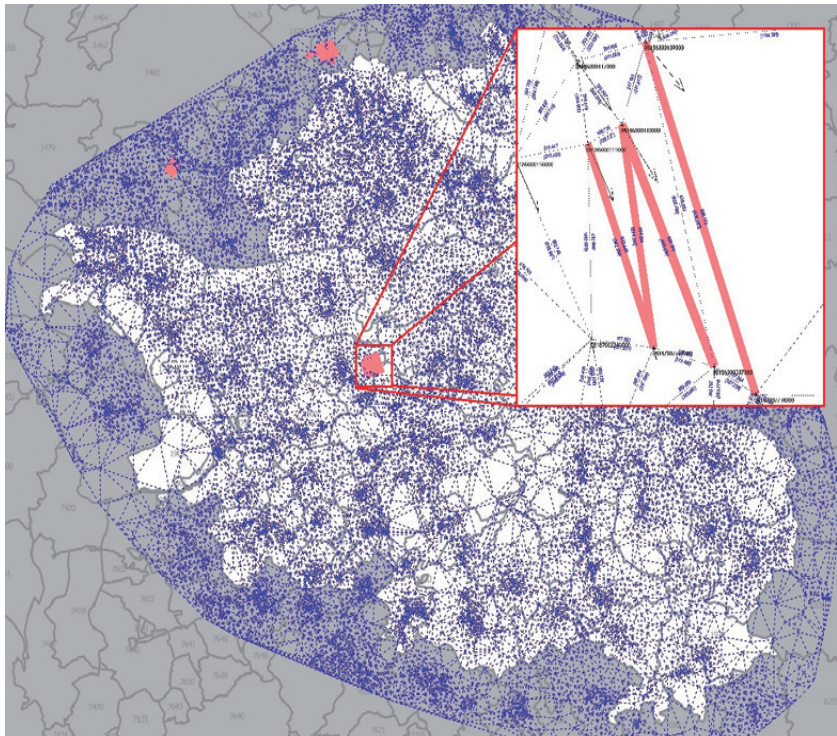


Abb. 25: Übersichtsplan dienstbezirkweiser Diagnoseausgleichung - mit Detail

Da die in DAVID-kaRIBik implementierte Modullösung von Systra bei den zentralen Diagnoseausgleichungen auf Grund der anfallenden Datenmengen an ihre Grenzen stößt, wird vom LGL die Software Systra der Firma technet GmbH, als Einzelplatzlösung eingesetzt. Da Systra beim LGL auch zur Berechnung des NTV2-Gitters BWTA2017 zum Einsatz kommt (siehe Nr. 5.4), wurde die Software um ein Modul zur NTV2-Gitterberechnung erweitert und zur Performancesteigerung 64-Bit tauglich gemacht.

Die Ergebnisse der dienstbezirksübergreifenden Diagnoseausgleichungen werden den unteren Vermessungsbehörden in standardisierter Form zurückgemeldet, so dass diese noch vorhandene Fehler korrigieren und bei Bedarf ggf. weitere Passpunkte bestimmen können.

Da es nicht gänzlich auszuschließen ist, dass nach den vom LGL durchgeführten Diagnoseausgleichungen noch weitere Passpunkte gemessen werden, wird das LGL als finale Qualitätssicherung vor der NTV2-Gitterberechnung nochmals eine landesweite Diagnoseausgleichung über alle zum Zeitpunkt der Gitterberechnung vorhandenen Passpunkte durchführen. Die Passpunkte, die in der abschließenden landesweiten Diagnoseausgleichung noch als fehlerhaft identifiziert werden, werden durch das LGL aus der Passpunktdatei gelöscht, da so kurz vor der Gitterberechnung keine weiteren Korrekturen durch die unteren Vermessungsbehörden mehr möglich sein werden.

Die Transformationsgüte wurde mit folgenden zwei Szenarien untersucht:

1. Transformation der Passpunkte eines Landkreises mit unterschiedlichen Gitterweiten und Vergleich mit ihren gemessenen Koordinaten.
2. Durchführung von Grenzfeststellungen durch direkte Positionierung in ETRS89/UTM und Vergleich der Ergebnisse mit Grenzfeststellungen mit herkömmlicher Vorgehensweise (Transformation in lokale Nachbarschaft in GK).

Bei diesem Untersuchungsansatz wurden jeweils NTV2-Testgitter mit Gitterweiten von 250 m, 100 m und 50 m mit Systra berechnet. Anschließend wurden die Gauß-Krüger-Koordinaten der zur Berechnung verwendeten Passpunkte mittels dieser Gitter nach UTM transformiert und den gemessenen UTM-Koordinaten gegenübergestellt. Die Entscheidung über die optimale Gitterweite erfolgte letztendlich nach diesem iterativen Vorgehen.

6.5 Untersuchungen zur Transformationsgüte

6.5.1 Untersuchung der Transformationsgüte bei unterschiedlichen Gitterweiten

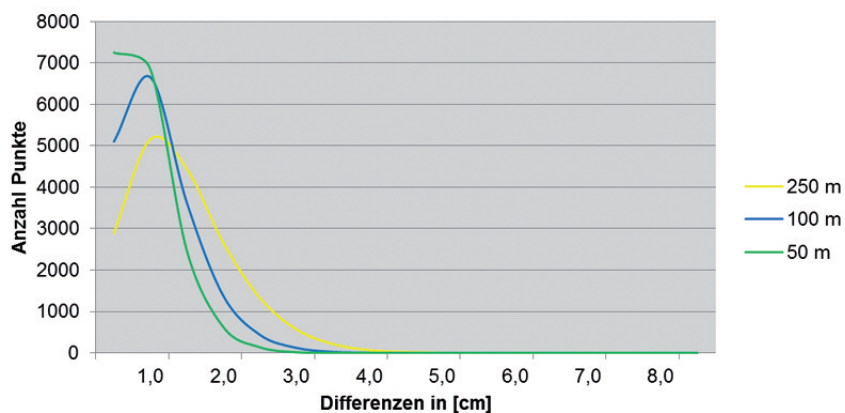


Abb. 26: Abweichungen zwischen gemessenen und transformierten Passpunktkoordinaten bei unterschiedlichen Gitterweiten

| Lagedifferenz transformiert/gemessen | NTv2 [250m] | NTv2 [100m] | NTv2 [50m] |
|--------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| Besser als 3cm [%] | 98,09 | 99,67 | 99,80 |
| Besser als 2cm [%] | 87,16 | 96,44 | 98,92 |
| Besser als 1cm [%] | 46,32 | 67,65 | 81,13 |

Abb. 27: Lagedifferenzen zwischen transformierten und gemessenen Passpunktkoordinaten im Landkreis Esslingen

Nach den Untersuchungsergebnissen beträgt die Differenz zwischen den transformierten und den durch Messung bestimmten UTM-Koordinaten bei einer Gitterweite von 50 m für 99,8% von 17.400 Passpunkten weniger als 3 cm, für 98,92% weniger als 2 cm und für 81,1 % der Punkte weniger als 1 cm (vgl. Abb. 27). Gegenüber einer Gitterweite von 100 m ergibt sich mit dem 50 m Gitter nochmals eine signifikante Genauigkeitssteigerung. Das Ergebnis wurde durch nachfolgenden Feldvergleich bestätigt.

6.5.2 Vergleich der Ergebnisse von Grenzfeststellungen im alten und neuen System

Zur Überprüfung, ob nach der Umstellung Grenzfeststellungen durch direkte Positionierung – also ohne Einpassung in die lokale Nachbarschaften – erfolgen können, wurden vom LGL im Rahmen einer kleineren Messkampagne 73 gut zugängliche Punkte in Gemarkungen mit Vollzugserklärungen mittels GNSS-Messungen und nachbarschaftlicher Einpassung in das Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem bestimmt. Der Vergleich dieser GK-Koordinaten mit den GK-Sollkoordinaten entspricht der bisherigen Vorgehensweise bei Grenzfeststellungen. Für dieselben Punkte wurde dann ein Vergleich der direkt gemessenen UTM-Koordinaten mit den transformierten UTM-Koordinaten durchge-

führt, die künftig die „Soll“-Koordinaten darstellen. Abbildung 28 zeigt die Verteilung der Abweichungen Soll-Ist der Punkte in Gauß-Krüger und in UTM. Die hohe Übereinstimmung der Kurven zeigt, dass mit der Überführung des Liegenschaftskatasters über das NTV2-Gitter BWTA2017 die direkte Positionierung tatsächlich ermöglicht wird.

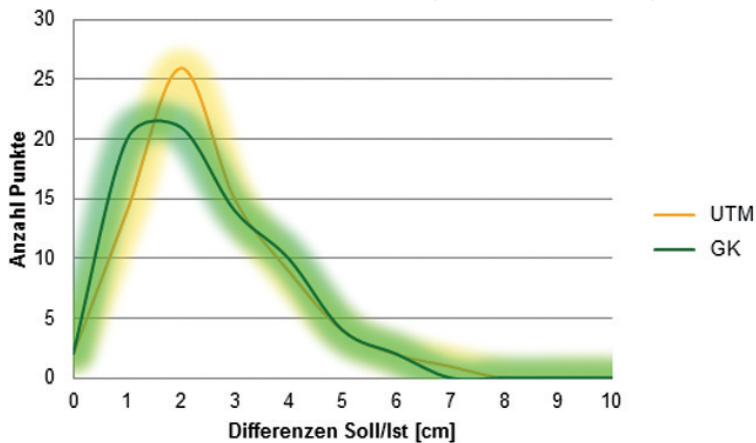


Abb. 28: Vergleich der Grenzfeststellungsergebnisse in UTM und GK

Da sich bereits Ende 2015 abzeichnete, dass das proklamierte Ziel „Abschluss der Vollzugserklärungen“ bis Ende 2016 voraussichtlich nicht von allen unteren Vermessungsbehörden erreicht wird, mussten Lösungsansätze zur Unterscheidung gefunden werden. Die Entscheidung fiel letztendlich auf den fachlich naheliegenden Ansatz der Unterscheidung zwischen grafischen und endgültigen Koordinaten, da diese den Fachanwendern im Liegenschaftskataster bereits aus der bisherigen Praxis im DHDN/GK bekannt ist.

[6.6 Unterschiedlicher Lagestatus in Gemarkungen mit und ohne Vollzugserklärung](#)

In Gemarkungen, in denen zum Zeitpunkt der Berechnung des landesweiten NTV2-Gitters BWTA2017 eine Vollzugserklärung vorliegt, erhalten alle transformierten Punkte mit GK-Landeskoordinaten auch im neuen System ETRS89/UTM Landeskoordinaten. Alle Punkte mit den Qualitätsangaben „transformiert“, „bislam“ oder „grafisch“ werden in den Lagestatus „grafisch“ überführt, behalten aber auch den seitherigen Lagestatus im GK-Punktort. Damit bleibt die ursprüngliche Herkunft nachvollziehbar.

[6.6.1 Gemarkungen mit Vollzugserklärung](#)

Für die praktische Arbeit heißt das im Detail:

- Direkte unmittelbare Punktbestimmung mittels GNSS in Verbindung mit dem SAPOS®-Korrekturdatendienst ohne Aufmessung lokaler Lagefestpunkte und ohne Transformation in lokale Nachbarschaften.

- Polarverfahren mittels Tachymeter bleiben weiterhin wie bisher möglich.

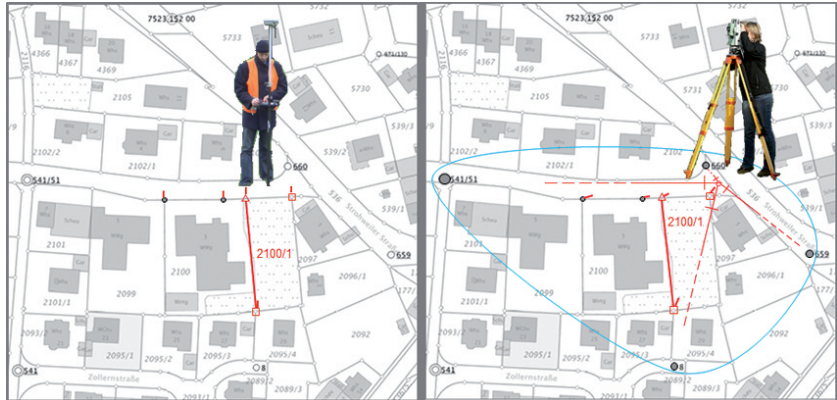


Abb. 29: exemplarische Vorgehensweise nach der Umstellung auf ETRS89/UTM bei Katastervermessungen in Gemarkungen mit Vollzugserklärung (links: SAPOS®-Verfahren, rechts: Polarverfahren)

6.6.2 Gemarkungen ohne Vollzugserklärung

In Gemarkungen, in denen zum Zeitpunkt der Berechnung des landesweiten NTV2-Gitters BWTA2017 keine Vollzugserklärung vorliegt, erhalten alle transformierten nummerierten Punkte unabhängig ihrer Qualitätsangabe im bisherigen Gauß-Krüger-System im neuen System ETRS89/UTM den Lagestatus „grafisch“. Lediglich die gemessenen UTM-Koordinaten der Passpunkte bleiben endgültig. In jedem Fall bleiben die ursprünglichen GK-Koordinaten mit ihrem seitherigen Lagestatus erhalten, damit zu gegebener Zeit eine Überführung nach ETRS89/UTM im Lagestatus „endgültig“ nachgeholt werden kann.

Für die Praxis heißt dies, dass in diesen Gemarkungen vor Beginn der eigentlichen Liegenschaftsvermessung für die betroffenen Punkte Landeskoordinaten in ETRS89/UTM zu bestimmen sind. Hierzu müssen gegebenenfalls für alle notwendigen Lagefestpunkte in der Nachbarschaft mittels SAPOS®-Verfahren endgültige ETRS89/UTM Koordinaten bestimmt werden. Mit diesen Passpunkten sind dann die Grenzpunkte, Versicherungspunkte etc. nach ETRS89/UTM zu überführen. Erst nach diesen Vorarbeiten kann mit der eigentlichen Liegenschaftsvermessung begonnen werden.

7 ÜBERFÜHRUNG VON AFIS® UND ATKIS® NACH ETRS89/UTM

Die Festpunkte der Landesvermessung werden in AFIS® geführt. Für die Geodätischen Grundnetzpunkte und für die Referenzstationspunkte sind Koordinaten in ETRS89/UTM auf Millimeter nachzuweisen. Für Höhen- und Schwerefestpunkte wurden über Jahrzehnte Koordinaten

mit unterschiedlichen Lagegenauigkeiten entweder durch örtliche Einmessung oder durch Digitalisierung auf Basis kleinmaßstäbiger Kartengrundlagen erzeugt. Sofern für diese Festpunkte nicht bereits gemessene ETRS89/UTM-Koordinaten vorlagen, wurden diese im Jahr 2016 über Transformationsverfahren erzeugt.

Zur Überführung der ATKIS®-Datenbestände aus der GK- in die UTM-Abbildung steht mit dem NTV2-Gitter BeTA2007 das bundeseinheitliche Vorgehensmodell der AdV zur Verfügung. Alle Bundesländer verwenden diesen Transformationsansatz, so dass insbesondere die zwischen den Ländern harmonisierten ATKIS®-Landesgrenzen festgehalten werden. Mit BeTA2007 wird innerhalb Baden-Württembergs i.d.R. eine Transformationsgenauigkeit von wenigen Zentimetern erreicht, während in der Nähe der Landesgrenzen die Genauigkeit wenige Dezimeter beträgt und somit insgesamt die für ATKIS®-Daten und -Produkte geforderte Lagegenauigkeit erhalten bleibt.

In Baden-Württemberg werden die Datenbestände der Digitalen Landschaftsmodelle (DLM) in der als ATKIS®-Datenhaltungskomponente realisierten DAVID-GeoDB der Firma ibR geführt. Zur Verwaltung von Rasterdaten nutzt das LGL die Software novaFACTORY der M.O.S.S. Computer Grafik Systems GmbH. Die Daten werden in verschiedenen Formaten in einer Datenbank gespeichert und können von dort bereitgestellt werden. In diesem zentralen Rasterdatensystem (RDS) des LGL wird derzeit ein Datenvolumen von rund 40 Terabyte (TB) geführt. Die im RDS eingesetzte Software novaFACTORY bietet die Möglichkeit, beim Export in andere Koordinatensysteme zu transformieren. Die Transformation erfolgt dabei auf der Grundlage des NTV2-Gitters BeTA2007.

7.1 Speicherung geotopographischer Daten in der ATKIS®-DHK und im RDS

Zur Überführung des Digitalen Basis-Landschaftsmodells (Basis-DLM) nach ETRS89/UTM wird der Datenbestand aus der DAVID-GeoDB ausgelesen, mit Hilfe des NTV2-Gitters BeTA2007 transformiert und anschließend mit einem Aufwand von wenigen Tagen in eine neu aufgesetzte UTM-Datenhaltungskomponente eingespielt. Der Datenbestand des Touristik- und Freizeitinformationssystems (TFIS) ist auf der Datengrundlage des Basis-DLM realisiert und wird gleichzeitig überführt. Zur Aktualisierung des Basis-DLM wird als ATKIS®-Erhebungs- und Qualifizierungskomponente das Produkt 3A-Editor der Firma AED-SICAD eingesetzt. Diese Software ist bereits in vielen Bundesländern im Produktionsbetrieb in ETRS89/UTM im Einsatz, so dass in Baden-Württemberg nur die entsprechenden Parametereinstellungen im 3A-Editor für den UTM-Bearbeitungsprozess zu konfigurieren sind.

7.2 Überführung geotopographischer Daten nach ETRS89/UTM

Das Digitale Landschaftsmodell 50 (DLM50) wird automatisch über einen Generalisierungsprozess aus dem Basis-DLM abgeleitet. Das DLM50 wird folgerichtig nicht über eine Transformation nach UTM überführt, sondern mit einem Produktionsaufwand von wenigen Tagen unmittelbar nach der Überführung des Basis-DLM über das Verfahren der automatisierten Modellgeneralisierung neu abgeleitet.

Die Digitalen Topographischen Karten der Maßstäbe 1:10 000 (DTK10), 1:25 000 (DTK25), 1:50 000 (DTK50) und 1:100 000 (DTK100) liegen als blattschnittfreie Rasterdaten im RDS vor. Die DTK10 wird ohne Generalisierung direkt aus dem Basis-DLM abgeleitet und präsentiert. Um den Produktionsprozess effizient zu steuern, wird der Rasterdatenbestand der DTK10 unmittelbar nach Überführung des Basis-DLM ebenfalls auf UTM umgestellt. Die Rasterdatenbestände der DTK25, DTK50 und DTK100, die durch die Prozessschritte Modell- und kartographische Generalisierung für jeden Maßstab erzeugt wurden, werden im Lauf des Jahres 2017 mit dem NTv2-Gitter BeTA2007 nach ETRS89/UTM überführt.



Die Digitalen Orthophotos (DOP) werden im RDS geführt und stehen landesweit flächendeckend mit einer Bodenauflösung von 20 cm (DOP20) und 10 cm (DOP10) zur Verfügung. Das Datenvolumen der DOP20 beträgt ca. 4 TB, das der DOP10 ca. 16 TB. Die Überführung der DOP nach UTM erfolgt innerhalb des RDS mit dem NTv2-Gitter BeTA2007. Für die landesweite Überführung der Rasterdaten der DOP20 mit dem BeTA2007-Ansatz wird ein Zeit-

bedarf von bis zu zwei Monaten benötigt, die Überführung der DOP10 wird etwa fünf Monate dauern. Bereits ab dem Befliegungsjahr 2017 erfolgt die Produktion der DOP in ETRS89/UTM.

Die von den Flugfirmen gelieferten Luftbilder werden beim LGL unverändert im TIFF-Format gespeichert. Zur Nutzung der orientierten Luftbilder für manuelle oder automatische Stereoauswertungen sind die Ergebnisse der Aerotriangulation (Koordinaten der Projektionszentren und der Rotationswinkel) erforderlich. Mit der beim LGL eingesetzten photogrammetrischen Software Inpho® der Firma Trimble werden diese Projektdateien der einzelnen Befliegungsgebiete auf der Grundlage des BeTA2007-Ansatzes nach ETRS89/UTM überführt.

Zur Beschreibung des Reliefs des Landes wird das Digitale Geländemodell mit einer Gitterweite von 1 m (DGM1) geführt. Aus den Daten der Laserscanaufnahmen wurde auch das landesweite Digitale Oberflächenmodell in einer Gitterweite von 5 m (DOM5) erzeugt. Die Transformation des DGM1 und des DOM5 wird im RDS mit dem BeTA2007-Ansatz durchgeführt.

Die Transformation der Punktwolken aus den Laserscanbefliegungen, die die Grundlage für DGM und DOM bilden, erfolgt mit der photogrammetrischen Software Inpho®.

Landesweit werden 3D-Gebäudemodelle von 5,9 Millionen Gebäuden geführt. Die 3D-Gebäudemodelle wurden über automatisierte und interaktive Arbeitsprozesse auf der Grundlage von Gebäudegrundrissen des Liegenschaftskatasters und mit Hilfe von 3D-Informationen aus unterschiedlichen Befliegungskampagnen (Punktwolken aus Airborne Laserscanbefliegungen und Bildkorrelation von Luftbilddaten) erstellt. Die Überführung der 3D-Gebäudemodelle muss zwingend mit dem engmaschigeren NTv2-Gitter BWTA2017 erfolgen, damit die Identität der Gebäudegrundrisse mit dem Liegenschaftskataster auch in ETRS89/UTM gewährleistet bleibt.

Nach dem Umstellungsstichtag werden alle Geobasisdaten ausschließlich im neuen Bezugssystem ETRS89/UTM geführt und bereitgestellt. D.h., alle Anwender und Nutzer der Geobasisdaten müssen ab diesem Zeitpunkt in der Lage sein, diese Daten zu verarbeiten.

Die gängigen Geoinformationssysteme der Kunden und Fachanwender sind grundsätzlich in der Lage, Geobasisdaten im System ETRS89/UTM zu verarbeiten und darzustellen. Die Tatsache, dass Geobasisdaten ab dem Umstellungsstichtag nur noch in ETRS89/UTM bereitgestellt werden, zwingt die Geodatenhalter, ihre Datenbestände gleichzeitig mit den Geobasisdaten oder zumindest

**8 AUSWIRKUNGEN
DER ÜBERFÜHRUNG
DER GEOBASISDATEN
NACH ETRS89/UTM**
8.1 Daten-
bereitstellung
8.2 Geofach-
informationssysteme

sehr zeitnah dazu ebenfalls umzustellen. Die Zuständigkeit und Verantwortung zur Transformation eigener Geofachdaten und die Anpassung der internen Workflows liegt bei den jeweiligen geodatenhaltenden Stellen.

Zur Überführung der Geofachdaten wird das LGL auf seiner Internetseite die NTV2-Transformationsansätze

- **BeTA2007** für ATKIS®-basierte Geofachdaten
- **BWTA2017** für ALKIS®-basierte Geofachdaten

kostenfrei bereitstellen. Darüber hinaus wird das LGL einen OGC-konformen Transformationsdienst anbieten. Dieser Dienst wird auf der Homepage des LGL ebenfalls kostenlos zur Verfügung gestellt und kann einzelpunktweise oder listenweise GK-Koordinaten nach UTM überführen. Zusätzlich lässt sich die URL des Dienstes in Anwendungen eigener Geoinformationssysteme einbinden.

Weitere Hinweise und Hilfestellungen zur Überführung von Geofachdatenbeständen gibt der Leitfaden des Runden Tisch GIS e.V. [RT GIS 2016].

8.3 Ingenieurvermessung

Soweit im Hoch- und Tiefbau auf das Landeskoordinatensystem Bezug genommen wird, sind die unter 3.3 beschriebenen Verzerrungen zu beachten. Bei der Berechnung von ETRS89/UTM-Koordinaten aus Längenangaben im Messhorizont - und sinngemäß umgekehrt - ist die Höhenreduktion mit der mittleren Geländehöhe im Messgebiet (bezogen auf das GRS80-Ellipsoid) und vor allem die Streckenreduktion der Abbildung zu berücksichtigen. Die Korrekturformeln lauten wie folgt:

$$\text{Höhenreduktion:} \quad S_{\text{ell}} = S_{\text{gem.}} * (1 - h_{\text{ell}}/R)$$

$$\text{Abbildungskorrektion:} \quad S_{\text{UTM}} = S_{\text{ell}} * 0.9996 * (1 + (E - 500\text{km})^2/2R^2)$$

S = Horizontalstrecke, R = mittlerer Erdradius für Baden-Württemberg mit 6381 km, h_{ell} = Höhe des Messgebiets über dem GRS80-Ellipsoid (= amtliche Gebrauchshöhe über NHN plus Höhenanomalie, in Baden-Württemberg näherungsweise 0,048 km), E = East-Koordinate ohne Zonenkennziffer

Die Streckenkorrektion auf die UTM-Rechenfläche ist in Baden-Württemberg stets negativ, d.h. ein gemessener Streckenwert muss immer um den jeweiligen Reduktionsbetrag verkürzt werden.

Architekten und Bauingenieure sind gut beraten, sich an dieser Stelle der Hilfe von Vermessungsfachleuten zu versichern.

Die Umstellung des Liegenschaftskatasters auf ETRS89/UTM macht es notwendig, dass auch die Daten der Flurneuordnung in das neue Koordinatensystem transformiert und die Softwarekomponenten LEGIS-DAVID und MILAN auf ETRS89/UTM umgestellt werden. Die Umstellung der Software LEGIS-DAVID wird zeitgleich mit der ALKIS®-Migration dieses Programms erfolgen. Dadurch können Doppelarbeiten bei der Entwicklung, der Qualitätssicherung, der Datenmigration und bei der Einführung vermieden werden.

8.4 Auswirkungen der Umstellung auf die Flurneuordnung

Die Datenbestände in LEGIS-DAVID können - im Gegensatz zum Liegenschaftskataster - einzeln nach ALKIS® bzw. ETRS89/UTM umgestellt werden. Für jedes Verfahren ist ein eigener projektbezogener Datenbankbereich angelegt, dadurch können die Verfahren unabhängig voneinander migriert und transformiert werden. Ein landesweiter Stichtag zur Umstellung ist nicht notwendig, die Migration der Daten in das neue Koordinatensystem wird abhängig vom Verfahrensstand erfolgen. Voraussetzung ist, dass zum Stichtag der landesweiten Transformation für alle Gemarkungen des Flurbereinigungsgebietes einheitlich Vollzugserklärungen vorliegen oder nicht. Sollten Mischbestände entstehen, ist die Migration und Transformation der Daten technisch nicht möglich.

Als amtliche Flächen des Liegenschaftskatasters (Buchflächen) werden in Baden-Württemberg die Flächen auf dem Bezugsellipsoid des Referenzsystems angegeben. Der Verzicht auf die Korrektur der Flächenverzerrung bei der UTM-Abbildung würde in vielen Fällen zur

8.5 Auswirkungen auf die Flurstücksflächen

| | Aus Koordinaten berechnete Fläche [m2] | Flächenverzerrung [m2] | Fläche auf dem Ellipsoid [m2] | Differenz [m2] |
|-----------------------------|--|------------------------|-------------------------------|----------------|
| Fläche bei Lörrach | | | | |
| Gauß-Krüger | 1.000.000 | - 246 | 999.754 | + 2 |
| UTM | 999.202 | + 554 | 999.756 | |
| Fläche bei Böblingen | | | | |
| Gauß-Krüger | 1.000.000 | 0 | 1.000.000 | + 1 |
| UTM | 999.201 | + 800 | 1.000.001 | |
| Fläche bei Neresheim | | | | |
| Gauß-Krüger | 1.000.000 | - 239 | 999.761 | - 2 |
| UTM | 999.197 | + 562 | 999.759 | |

Abb. 31: Auswirkungen auf amtliche Flächenangaben

Überschreitung der zulässigen Abweichung bei der Flächenberechnung führen. Bei Berücksichtigung der Flächenverzerrung (siehe LV-Vorschrift Nr. 280 Abs. 7) ergeben sich aus der Umstellung nach ETRS89/UTM grundsätzlich keine Flächenänderungen und damit auch keine Flächenberichtigungen, es sei denn, dass die Abweichung der tatsächlichen Fläche von der amtlichen Fläche bereits vor der Umstellung die zulässige Abweichung beinahe erreicht und nach der Umstellung infolge von Rundungseffekten und/oder infolge der in Abschnitt 3.3.1 beschriebenen Auswirkungen des Bezugshorizonts gerade überschreitet.

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Abbildung des Ellipsoids in die Ebene werden in Abbildung 31 an drei quadratischen Flurstücken mit einer Fläche von 100 ha aufgezeigt.

9 SCHLUSS- BEMERKUNG

In der global vernetzten digitalen Welt ist ein europaweit einheitliches Koordinatenreferenzsystem unabdingbar und überfällig.

In Baden-Württemberg wird mit dem Bezugssystemwechsel gleichzeitig ein spannungsfreies Punktfeld erzeugt, in dem künftig mit Hilfe von SAPOS® eine direkte Positionierung i.d.R. ohne Einpassung in lokale Nachbarschaften in Liegenschaftskatastergenauigkeit möglich sein wird. Mit der weiteren Verbreitung von GNSS-Sensoren und mit den in absehbarer Zeit zu erwartenden Genauigkeitssteigerungen in den Bereich weniger Zentimeter bei Smartphones, Tablets oder auch bei autonom fahrenden Rasenmähern wird die Bedeutung eines einheitlichen und weitestgehend spannungsfreien Koordinatenreferenzsystems offensichtlich.

In diesem Sinne versteht die Vermessungsverwaltung den hohen Aufwand bei der Passpunktbestimmung und bei der Überführung der Geodaten als zukunftssträchtige Investition in die digitale Infrastruktur des Landes.

LITERATUR- VERZEICHNIS

[AdV 2012] AdV: Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS® (BeTA2007), Projektgruppe Bundeseinheitlicher Transformationsansatz für ATKIS® im Arbeitskreis Geotopographie der AdV, Version 1.5 vom 21. Februar 2012, www.crs.bkg.bund.de/crseu/crs/dscrtrans/BeTA/BETA2007dokumentationV15.pdf

[Dick 2009] Dick, H.-G.: Die Bestimmung und Sicherung der Koordinaten der SAPOS®-Referenzstationen in Baden-Württemberg. DVW-Mitteilungen Baden-Württemberg, 56. Jahrgang, Heft 2, 2009

[Faulhaber 2007] Faulhaber, U.: Geodätischer Raumbezug und Festpunktfelder in Baden-Württemberg. DVW-Mitteilungen Baden-Württemberg, 54. Jahrgang, Heft 2, 2007

[Frech 2016] Frech, M.: Transformationsdienst für Gauß-Krüger-Koordinaten nach ETRS89/UTM und zurück, Bachelorarbeit im Studiengang Angewandte Informatik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, 2016, unveröffentlicht.

[Heckmann 2015] Heckmann, B., Berg, G., Heitmann, S., Jahn, C.-H., Klauser, B., Liebsch, G., Liebscher, R.: Der bundeseinheitliche Raumbezug – integriert und qualitätsgesichert. zfv 140, Heft 3, 2015

[Kreitlow 2010] Stefanie Kreitlow, S., Brettschneider, A., Jahn, C.-H., Feldmann-Westendorff, U.: ETRS89/UTM – Der Bezugssystemwechsel und die Auswirkungen auf die Geodatennutzung, Kartographische Nachrichten Heft 4, 60. Jahrgang, August 2010

[MLR 2015/1] Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz: Verwaltungsvorschrift für die Führung des Liegenschaftskatasters (LK-Vorschrift – VwVLK) vom 2. Dezember 2004, zuletzt geändert am 10. Dezember 2015, Az.: 44-2824.0/6

[MLR 2015/2] Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz: Verwaltungsvorschrift für die Durchführung von Liegenschaftsvermessungen (LV-Vorschrift – VwVLV) vom 5. Dezember 2012, zuletzt geändert am 10. Dezember 2015, Az.: 44-2824.0/6

[MLR 2015/3] Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz: Verwaltungsvorschrift für das Geodätische Festpunktfeld (Festpunkt-Vorschrift – VwVFP) vom 8. September 2008, zuletzt geändert am 10. Dezember 2015, Az.: 44-2824.0/6

[MLR 2015/4] Vorbereitungsausschuss ETRS89/UTM beim Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz: Grobkonzept zur Überführung des Liegenschaftskatasters nach ETRS89/UTM, Stand September 2015, unveröffentlicht

[Mittermayer 2002] Mittermayer, E.: Ellipsoidische Gaußsche Koordinaten und die Meridiankonvergenz für das WGS-84 (Subroutinen), Allgemeine Vermessungsnachrichten AVN 3/2002

[RT GIS 2016] Runder Tisch GIS e.V.: Leitfaden Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM Grundlagen, Erfahrungen, und Empfehlungen, Herausgeber Andreas Donaubauer, Thomas H. Kolbe
<http://rundertischgis.de/publikationen/leitfaeden.html>

[technet 2010] technet GmbH: Programmbeschreibung Systra Version 7, Systra das Ausgleichungsprogramm, Ausgabe Oktober 2010

Abb. 1: LGL, Julian Meier

Abb. 3: AdV, 201509 Lagebezugssysteme AdV.pdf

Abb. 5: National Centers for Environmental Information
(www.ngdc.noaa.gov/mgg/)

Abb. 6: Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung – Bayern (LDBV)

Abb. 13: AdV, Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS® (BeTA2007)

Abb. 15: technet GmbH, Programmbeschreibung Systra Version 7

BILDQUELLEN